

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
Σχολή Αγρονόμων &  
Τοπογράφων Μηχανικών  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**



**NATIONAL TECHNICAL  
UNIVERSITY OF ATHENS  
School of Rural &  
Surveying Engineering  
POST-GRADUATE PROGRAMME  
GEOINFORMATICS**

## **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΦΩΚΙΔΑΣ ΜΕ ΛΟΓΙΚΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

**ΝΑΚΟΥ ΕΥΤΥΧΙΑ  
Περιβαλλοντολόγος, MSc**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:  
Κωστής Κουτσόπουλος,  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**ΑΘΗΝΑ 2007**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θεωρώ υποχρέωσή μου, να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση της παρούσης μεταπτυχιακής εργασίας.

Καταρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κωστή Κουτσόπουλο, καθηγητή ΕΜΠ, επιβλέποντα της παρούσης εργασίας, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεσή της.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Θωμά Χατζηχρήστο, Δρ. Τοπογράφο Μηχανικό, ΕΕΔΙΠ ΕΜΠ, για την καθοδήγησή του και τη συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου, και όσους το διάστημα αυτό ήταν κοντά μου, για τη συμπαράσταση και την υπομονή τους.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	9
1.1 Γενικά	9
1.2 Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	10
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	12
1.4 Η θέση των ΑΠΕ στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας	13
1.5 Ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ε.Ε.	14
1.6 Ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα	15
1.7 Θεσμικό πλαίσιο αδειοδότησης & χωροθέτησης έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα	16
1.8 Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ	19
1.9 Χωροταξική προσέγγιση των ΑΠΕ στην υπόλοιπη Ευρώπη	26
2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	28
2.1 Εισαγωγή – Διαχρονική Εξέλιξη	28
2.2 Ορισμοί Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών	29
2.3 Τα μέρη ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών	30
2.4 Στάδια & Διαδικασίες Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών	31
2.4.1 Καθορισμός του προβλήματος	31
2.4.2 Διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία	32
2.4.3 Συμπεράσματα	35
2.5 Σχεδιασμός, Ανάλυση Χώρου και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	35
2.6 Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ως Ολοκληρωμένη Προσέγγιση Χωρικών Προβλημάτων και Συστήματα Υποστήριξης Χωρικών Αποφάσεων	36
2.7 Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών	37
3 ΛΟΓΙΚΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ	40
3.1 Ιστορική αναδρομή	40
3.2 Χρήσεις Ασαφούς Λογικής	41
3.3 Πλεονεκτήματα από τη χρήση της ασαφούς λογικής	41
3.4 Βασικά χαρακτηριστικά της ασαφούς λογικής	42

3.4.1	Ασαφή σύνολα	42
3.4.2	Ασαφείς αριθμοί	43
3.5	Ασαφή συστήματα	43
3.5.1	Ασαφοποίηση των δεδομένων εισόδου	43
3.5.2	Κατασκευή κανόνων	46
3.5.3	Επεξεργασία των κανόνων	47
3.5.4	Απασαφοποίηση	48
4	ΕΦΑΡΜΟΓΗ	49
	Εισαγωγή	49
4.1	Προετοιμασία των δεδομένων για εισαγωγή στα ασαφή συστήματα	49
4.1.1	Καθορισμός Μεταβλητών	49
4.1.2	Συλλογή Δεδομένων	52
4.1.3	Μετατροπή των δεδομένων σε ψηφιδωτή δομή (raster)	58
4.1.4	Δεδομένα Εισόδου στο Ασαφές Σύστημα	64
4.2	Ανάλυση με τη λογική της Ασάφειας	65
4.2.1	Ασαφοποίηση των δεδομένων εισόδου	65
4.2.2	Κατασκευή κανόνων	79
4.2.3	Επεξεργασία των κανόνων	81
4.2.4	Απασαφοποίηση	86
4.3	Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών	86
4.4	Αξιολόγηση σχολιασμός αποτελεσμάτων – Προτεινόμενη περιοχή χωροθέτησης	90
5	ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	94

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάπτυξη και εκμετάλλευση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) αποτελεί βασικό στοιχείο της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς οι ΑΠΕ είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας εξαιρετικά φιλικές προς το περιβάλλον. Η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα, και ειδικότερα των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας, μπορεί να θεωρηθεί ως η υπ' αριθμόν ένα πρόκληση στον τομέα ενέργειας, τα επόμενα χρόνια. Το γεγονός αυτό καθιστά κρίσιμο το ζήτημα της χωροθέτησης έργων ΑΠΕ, προκειμένου να περιοριστούν οι συγκρούσεις χρήσεων γης που συχνά αναφύονται σήμερα επί του πεδίου, με βάση την μέχρι τώρα αντιμετώπιση του ζητήματος χωροθέτησης.

Ιδιαίτερη ανησυχία προκύπτει αναφορικά με την ανεξέλεγκτη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων, ειδικά μετά το ξέσπασμα του επενδυτικού ενδιαφέροντος με αφορμή τα κίνητρα του νέου αναπτυξιακού νόμου. Μια από τις περιοχές ιδιαίτερου επενδυτικού ενδιαφέροντος αποτελεί ο Νομός Φωκίδας, όπως άλλωστε και ολόκληρη η ορεινή ηπειρωτική χώρα. Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, αντιμετωπίζεται το ζήτημα της χωροθέτησης ενός Αιολικού Πάρκου στα όρια του παραπάνω νόμου, σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και με χρήση της μεθόδου της Λογικής της Ασάφειας.

Βασικό κίνητρο για την επιλογή του συγκεκριμένου μεθοδολογικού πλαισίου αποτελεί η δυνατότητα απεικόνισης του φυσικού προβλήματος με τρόπο που ενσωματώνει την ανθρώπινη λογική. Η επιλογή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για την υποστήριξη της εφαρμογής της λογικής της ασάφειας συνίσταται στην ικανότητα του να διαχειρίζονται περιβαλλοντικά δεδομένα διαφορετικών πηγών και κλιμάκων.

Βασικό κριτήριο κατά την υλοποίηση της μεθόδου αποτέλεσε η τήρηση του υπάρχοντος νομοθετικού πλαισίου, όπως αυτό εκφράζεται μέσα από το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης, αλλά και το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων και δραστηριοτήτων.

Αποτέλεσμα του μεθοδολογικού πλαισίου που εφαρμόστηκε, αποτελεί η βαθμονομημένη απόδοση της καταλληλότητας, για χωροθέτηση αιολικού πάρκου στο σύνολο του Νομού Φωκίδας.

## **ABSTRACT**

The development of Renewable Energy Sources (R.E.S) is a basic feature of the European Union's energy policy. It would not be an exaggeration to say that in the next few years, the development of RES in Greece, and wind farms in particular, within the next few years will be the number-one challenge in the field of energy. In this case the siting of wind farms is critical, in order to minimize the conflicts between land uses that nowadays, usually arise in the field.

Relative concern arises from the uncontrollable wind farms siting. One of the most promising areas for wind farm siting is the prefecture of Fokida. This dissertation deals with the wind farm siting in the prefecture of Fokida, in the framework of geographical information system (GIS) by implementing the fuzzy logic theory.

GIS provides the decision maker with a powerful set of tools for the manipulation and analysis of spatial information. Using a Geographic Information System (GIS), it is possible to process a huge amount of spatial data in short time and so the screening is much easier. GIS is necessary, given the fact that offers a powerful set of tools for the input, the maintenance and the presentation of the data, while the use of fuzzy logic is based on the need for appropriately treating environmental phenomena, which are not exact or precise but rather fuzzy. Along these lines it is suggested that GIS can anthropomorphize their analytical abilities through the incorporation of fuzzy logic.

The parameters - criteria that are used in the methodological framework are taken from the current legislative framework concerning the siting of RES and the Environmental Impact Assessment.

The results from the fuzzy analysis that are encompassed into a GIS. show a gradual suitability for a wind farm siting.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας αποτελεί η χωροθέτηση ενός Αιολικού Πάρκου στο Νομό Φωκίδας, σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση της μεθόδου της Λογικής της Ασάφειας, με βάση την ελληνική νομοθεσία, βιβλιογραφικές αναφορές-έρευνας αλλά και την εμπειρία του μελετητή σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος. Βασικό κριτήριο για την επιλογή του Νομού Φωκίδας ως περιοχής μελέτης αποτέλεσε το αυξημένο επενδυτικό ενδιαφέρον για την εγκατάσταση μονάδων εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας στα ορεινά της ηπειρωτικής χώρας, σε συνδυασμό με τη γνώση της περιοχής και τη διαθεσιμότητα ψηφιακών δεδομένων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους, ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα των συνεχόμενων πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής. Την αμέσως επόμενη δεκαετία παγιώθηκε, μετά τη συνειδητοποίηση της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασσικών πηγών ενέργειας.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας εξαιρετικά φιλικές προς το περιβάλλον. Συνιστούν κατά συνέπεια ειδικότερη έκφανση αλλά και βασική συνιστώσα της αειφόρου ανάπτυξης, αποτελούν δε βασική προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Ο στόχος που η Ελλάδα πρέπει να επιτύχει, σύμφωνα με τις οδηγίες της Ε.Ε., είναι έως το 2010 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ να ανέρχεται σε ποσοστό 20,1% επί της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με την Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διεξόδου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας το έτος 2010 (Υπουργείο Ανάπτυξης, 2005), οι τεχνολογίες ΑΠΕ που υπερτερούν, όσο αφορά στο ποσοστό συμμετοχής τους στην ηλεκτροπαραγωγή, είναι τα αιολικά και τα ΜΥΗΕ, ενώ για λόγους ενεργειακούς, χωροθέτησης, περιβαλλοντικούς και οικονομίας κλίμακας τα αιολικά, σε σχέση με τα ΜΥΗΕ, έχουν προτεραιότητα στην προσπάθεια κάλυψης των στόχων. Στα πλαίσια της εθνικής ενεργειακής πολιτικής άλλωστε, η παραγόμενη από αιολικές εγκαταστάσεις ηλεκτρική ενέργεια αναμένεται να καλύψει περίπου το 50% της συνολικής ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Στην προσπάθεια επίτευξης των παραπάνω στόχων, έχουν καθοριστεί μέτρα υποστήριξης των έργων ΑΠΕ, όπως η επιδότησή τους και η απλοποίηση της διαδικασίας αδειοδότησής τους. Κρίσιμο τμήμα της διαδικασίας αδειοδότησης των έργων ΑΠΕ αποδεικνύεται η χωροθέτησή τους, καθώς, αν και χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικά φιλικά προς το περιβάλλον, εντούτοις δύναται να προκαλέσουν επιπτώσεις σε αυτό.

Μέχρι σήμερα, η διαδικασία επιλογής θέσης εγκατάστασης μιας ή περισσότερων ανεμογεννητριών περιελάμβανε σε πρώτη φάση τον προσδιορισμό περιοχών υψηλού αιολικού δυναμικού και εν συνεχεία την επιλογή «βιώσιμων» θέσεων ως προς μια σειρά προϋποθέσεων (Γ. Μπεργελές):

- ο Οικονομικά συμφέρουσα παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- ο Εξάλειψη αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- ο Συνδεσιμότητα με το ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ
- ο Πρόβλεψη έναντι πιθανών ακραίων μετεωρολογικών συνθηκών της συγκεκριμένης θέσης (παγετού, εξαιρετικά ισχυρών ανέμων, κλπ)
- ο Αποδοχή κοινού

Η χωροθέτηση αιολικών πάρκων, όπως και άλλων εγκαταστάσεων ΑΠΕ, τουλάχιστον μέχρι σήμερα, έχει αντιμετωπισθεί σχεδόν αποκλειστικά στο πλαίσιο των διαδικασιών περιβαλλοντικής αδειοδότησης, χωρίς ωστόσο να υπάρχει ένα κοινό πλαίσιο χωρικής οργάνωσης των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων ανάλογα με τη φυσιογνωμία και τις χωροταξικές ιδιαιτερότητες των επιμέρους ενότητων του Ελληνικού χώρου, τις επιμέρους κατηγορίες έργων ΑΠΕ και τις ειδικές ανάγκες ανάπτυξης, προστασίας ή διαφύλαξης που απαντώνται σε συγκεκριμένες περιοχές και σε ευπαθή οικοσυστήματα της χώρας.

Στο πλαίσιο καθορισμού μιας ολοκληρωμένης πολιτικής για την εγκατάσταση μονάδων αξιοποίησης ΑΠΕ, ικανοποιώντας την ανάγκη ορθολογικού σχεδιασμού και προγραμματισμού στη χωροθέτησή τους, θεσπίστηκε το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο που καθορίζει τις βασικές κατευθύνσεις και τους γενικούς κανόνες για τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ στο σύνολο του εθνικού χώρου. Στη βάση του εν λόγω πλαισίου καθορίζονται οι κατηγορίες περιοχών στις οποίες αποκλείεται, εν όλω ή εν μέρει, η χωροθέτηση έργων ΑΠΕ και αντιστοίχως οι εν δυνάμει κατάλληλες για την υποδοχή τους περιοχές. Επιπλέον, καθορίζονται οι ειδικότερες, ανά κατηγορία ΑΠΕ, χωροταξικές προϋποθέσεις εγκατάστασης, ιδίως σε συνάρτηση με τη φυσιογνωμία, τη φέρουσα ικανότητα και εν γένει το περιβάλλον των περιοχών εγκατάστασης.

Επιδίωξη του Ειδικού Πλαισίου, εκτός των άλλων, αποτελεί η παροχή ενός σαφέστερου πλαισίου στις αδειοδοτούσες αρχές και τις ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις, ώστε να προσανατολιστούν σε καταρχήν κατάλληλες από χωροταξικής απόψεως περιοχές εγκατάστασης, περιορίζοντας έτσι τις αβεβαιότητες και τις συγκρούσεις χρήσεων γης που συχνά αναφέρονται επί του πεδίου.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται πως στη διαδικασία χωροθέτησης μιας εγκατάστασης ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ εμπλέκεται μια σειρά παραμέτρων που περιγράφονται τόσο από περιβαλλοντικά όσο και από κοινωνικο-οικονομικά και τεχνικής φύσεως δεδομένα.



Η πληθώρα των παραγόντων που υπεισέρχονται στη διαδικασία χωροθέτησης καθιστά αναγκαία την χρήση ισχυρών υπολογιστικών συστημάτων.

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών αποτελούν ιδανικό εργαλείο διαχείρισης και απόδοσης χωρικών δεδομένων διαφορετικών πηγών και κλιμάκων. Παράλληλα, είναι αναγκαία για την υλοποίηση των μεθόδων χωρικής ανάλυσης, διότι η ανάλυση χώρου καθορίζεται από τη διαχείριση των χωρικών στοιχείων που είναι οργανωμένα σε αυτά. Αντίστοιχα, η χωρική ανάλυση, σαν μια περαιτέρω επεξεργασία των στοιχείων που μετατρέπονται σε πληροφορία, στοχεύει στην επίλυση χωρικών προβλημάτων, υποστηρίζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και τροφοδοτεί τη διαδικασία χωρικού σχεδιασμού.

Διάφορα λογισμικά έχουν αναπτυχθεί για την υποστήριξη της διαδικασίας χωροθέτησης αιολικών πάρκων (πχ RETScreen). Η χρήση των παραπάνω λογισμικών συνίσταται κυρίως στην αποτίμηση της ενεργειακής παραγωγής, την ανάλυση κόστους και τον οικονομικό απολογισμό (RetScreen, 2001). Στο πλαίσιο τους υπεισέρχονται παράμετροι όπως οι καιρικές συνθήκες της περιοχής μελέτης και τα χαρακτηριστικά του συστήματος (πχ ο αριθμός των ανεμογεννητριών), ωστόσο, δεν γίνεται καμία αναφορά σε περιβαλλοντικές και κοινωνικο-οικονομικές παραμέτρους. Σε συνδυασμό με τα ΓΣΠ έχουν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης (I. Καρδέλης et al, 2002, Ζαρακούδα Μ, 2007) για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων, λαμβάνοντας υπόψη περιβαλλοντικούς και κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες έχοντας ως κύριο στόχο τον περιορισμό της οπτικής όχλησης.

Διάφορες μεθοδολογίες, όπως η πολυκριτηριακή ανάλυση (Λόλος et al, 2001, Μανωλιάδης et al, 2001, Μουρμούρης, 1997), τα έμπειρα συστήματα (Keo-Jehng-Jung et al, 1997), τα χωρικά μοντέλα (Hung-Yueh Lin, et al, 1999) έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί σε συνδυασμό με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών για την επίλυση ανάλογων προβλημάτων χωροθέτησης όπως πχ η χωροθέτηση ΧΥΤΑ, σε μια προσπάθεια ενσωμάτωσης, πέραν των καθαρά τεχνικών παραμέτρων, τόσο των περιβαλλοντικών όσο και των κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων που υπεισέρχονται στα παραπάνω προβλήματα. Τα αποτελέσματα τα οποία εξάγονται από τις παραπάνω μεθόδους υπακούουν στη δυαδική λογική (Boolean logic) και τα όρια των επιλεγμένων περιοχών είναι ευκρινώς καθορισμένα. Ωστόσο, στην πραγματικότητα είναι αδύνατον να προσδιοριστούν με απόλυτη βεβαιότητα τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά «όρια» ενός χώρου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η λογική της ασάφειας σε συνδυασμό με τα ΓΣΠ (Χατζηχρήστος et al, 2001) για την ανάλυση των συνιστωσών που τα διαμορφώνουν.

Συνοψίζοντας, παραπάνω, επιχειρήθηκε μια εισαγωγή στο θέμα της παρούσης εργασίας, τον αντικειμενικό σκοπό της, και το γενικό πλαίσιο αντιμετώπισης του προβλήματος της χωροθέτησης ενός αιολικού πάρκου από αυτή.

Η συνολική δομή της εργασίας, όπως αυτή διαμορφώνεται στα κεφάλαια που ακολουθούν έχει ως εξής:

Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, στην ιστορική τους εξέλιξη και στους εθνικούς και διεθνείς στόχους για τη συμμετοχή τους στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αναφέρεται η νομοθεσία που διέπει τις ΑΠΕ και αναλύεται το θεσμικό πλαίσιο αδειοδότησης και χωροθέτησης αιολικών πάρκων στην Ελλάδα.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** περιγράφεται η τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και ο ρόλος τους στην προσέγγιση χωρικών προβλημάτων. Επιπλέον, αναφέρονται οι διάφοροι τομείς δραστηριοτήτων στους οποίους επεκτείνονται οι εφαρμογές τους.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της μεθόδου της Λογικής της Ασάφειας και των ασαφών συστημάτων. Αναλύονται τα βασικά στάδια υλοποίησης της μεθόδου και τα πλεονεκτήματά της και αναδεικνύεται η σκοπιμότητά της στην ανάλυση σύνθετων χωρικών προβλημάτων.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογικής προσέγγισης για τη χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου στο νομό Φωκίδας και παρατίθενται τα αποτελέσματα και ο σχολιασμός αυτών.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** παρατίθενται τα συμπεράσματα της μελέτης και προτάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη του θέματος.

## **1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Σε αυτό το κεφάλαιο, επιχειρείται μια εισαγωγή στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ καταγράφεται η ιστορική τους εξέλιξη και οι εθνικοί και διεθνείς στόχοι για τη συμμετοχή τους στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ακολουθεί διεξοδική αναφορά στη νομοθεσία που αφορά στις ΑΠΕ και αναλύεται το θεσμικό πλαίσιο που διέπει την αδειοδότηση και χωροθέτηση αιολικών πάρκων στην Ελλάδα.

### **1.1 Γενικά**

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων, τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη λειτουργία βιομηχανικών μονάδων κ.ά.. Η πρόοδος της οικονομίας και η αύξηση του βιοτικού επιπέδου, οδηγούν σε συνεχή αύξηση της ενεργειακής ζήτησης. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας, πηγές ενέργειας που αργά ή γρήγορα, ως μη ανανεώσιμες, θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση της ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα, με αιχμή τους το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού κ.ά.. Η εκμετάλλευσή τους δεν απαιτεί κάποια ενεργητική παρέμβαση (πχ. εξόρυξη, άντληση, καύση) όπως με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Οι ΑΠΕ υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον και είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους, ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα των συνεχόμενων πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής. Την αμέσως επόμενη δεκαετία παγιώθηκε, μετά τη συνειδητοποίηση της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασσικών πηγών ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε χρησιμοποιούνται άμεσα (για θέρμανση), είτε μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή

ωστόσο μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες, που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση της παρούσας ισχύουσας κατάστασης στον ενεργειακό τομέα, εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού.

Σήμερα, λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους ενεργειακούς σχεδιασμούς των περισσότερων ανεπτυγμένων κρατών, και αν και κατέχουν πολύ μικρό ποσοστό επί του συνόλου της ενεργειακής παραγωγής, γίνονται ενέργειες για περαιτέρω αξιοποίησή τους. Υπάρχουν ήδη πολλές χώρες στις οποίες οι ΑΠΕ αποτελούν μια σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Ενδεικτικά, στις ΗΠΑ το 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αναμένεται το 2010 το 12% της ενέργειας θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρική ενέργεια και βιομάζα).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το κόστος των παραπάνω εφαρμογών μειώνεται συνεχώς, ενώ ήδη η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, στέκονται αρκετά ανταγωνιστικά απέναντι στις παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Επιπλέον, οι ΑΠΕ συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η αξιοποίησή τους δεν το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο κλιματικών αλλαγών. Άλλωστε, έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

## 1.2 Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι αντίστοιχοι τρόποι εκμετάλλευσής τους:

**Αιολική Ενέργεια** είναι η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή/και σε ηλεκτρική ενέργεια. Χρησιμοποιήθηκε παλαιότερα για την άντληση νερού από πηγάδια καθώς και για μηχανικές εφαρμογές (π.χ. άλεση στους ανεμόμυλους). Έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρύτατα για ηλεκτροπαραγωγή.

Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μια περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από την ηλιακή

ακτινοβολία. Υπολογίζεται ότι η κινητική ενέργεια των ανέμων, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες του πλανήτη σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται μέσω ανεμογεννητριών (Α/Γ). Υπάρχουν πολλά είδη Α/Γ, τα οποία κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα. Τα αιολικά πάρκα είναι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούμενοι από συστοιχίες ανεμογεννητριών. Οι θέσεις εγκατάστασής τους χαρακτηρίζονται από αξιόλογο αιολικό δυναμικό, δηλαδή μεγάλης διάρκειας και μέσης ή μεγάλης έντασης ανέμους.

Η **Ηλιακή Ενέργεια** περιλαμβάνει:

- Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.
- Το βιοκλιματικό σχεδιασμό και τα παθητικά ηλιακά συστήματα που αφορούν αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της άμεσης εκμετάλλευσής της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό.
- Τα φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα εντοπίζεται κυρίως σε θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι), ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την πολιτική προώθησης των ΑΠΕ από το Ελληνικό κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση να βοηθά προς αυτή την κατεύθυνση.

Η **Υδροηλεκτρική Ενέργεια** αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή/και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια. Αποτελεί στις μέρες μας την πλέον διαδεδομένη ανανεώσιμη μορφή ενέργειας.

Η **Βιομάζα** είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές που θα χρησιμοποιηθεί ευρέως στο μέλλον. Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων, ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε από το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα, ενώ δύναται να παραχθεί βιοαιθανόλη και βιοαέριο, που είναι καύσιμα φιλικά προς το περιβάλλον.

Η **Γεωθερμική Ενέργεια** είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά και υπόγεια θερμά νερά και σε ξηρά

θερμά πετρώματα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας, για θερμικές εφαρμογές ή παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η **Ενέργεια από παλίρροιες** εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει, και κατά την κάθοδό του αναγκάζεται να περάσει μέσα από τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Εφαρμογές της ενέργειας από παλίρροιες, απαντώνται στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.

### **1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**

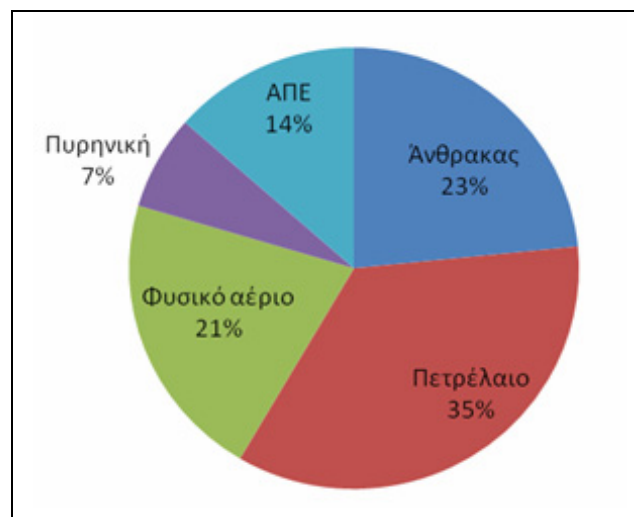
Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι τα εξής:

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα. Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής από συμβατικές πηγές οδηγούν σε ελάττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. οξείδια θείου και αζώτου που προκαλούν την όξινη βροχή.
- Είναι ανεξάντλητες, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα. Συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους. Επομένως μπορούν να βοηθήσουν στην ενεργειακή αυτάρκεια και στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι εφαρμογές διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο. Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).

Από την άλλη πλευρά, εξαιτίας του μικρού συντελεστή απόδοσης των ΑΠΕ, της τάξης του 30% ή/και χαμηλότερο, απαιτείται μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Για το λόγο αυτό, μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει η δυνατότητα κάλυψης των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων αλλά χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας. Εκτός αυτού, η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής που εγκαθίστανται.

#### 1.4 Η θέση των ΑΠΕ στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας

Η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική παγκόσμια παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας παραμένει σταθερή τα τελευταία 40 χρόνια. Αν και μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας θα παραχθούν στο μέλλον από τις ΑΠΕ, η συμμετοχή τους δεν αναμένεται να αυξηθεί παρά τις φιλότιμες προσπάθειες που καταβάλλονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και άλλες χώρες εκτός αυτής. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η κατανομή των διαφόρων πηγών στη συνολική παγκόσμια πρωτογενή παραγωγή ενέργειας (έτος αναφοράς: 2001)



**Σχήμα 1.1:** Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παγκόσμια παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας το 2001

Οι ΑΠΕ συνεισφέρουν σήμερα κατά 18,4% στην παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το αντίστοιχο ποσοστό για το γαιάνθρακα αγγίζει το 39%, ενώ υπολείπονται η πυρηνική ενέργεια με 17%, το φυσικό αέριο με 18% και το πετρέλαιο με 8%.

Στο χρονικό διάστημα 1990-2001 η συνολική παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ παρουσιάζει μια μέση αύξηση της τάξης του 1,7%, λίγο μεγαλύτερη από τη μέση αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας. Πρέπει να τονιστεί ωστόσο ότι οι λιγότερο σημαντικές σήμερα ΑΠΕ (ηλιακή, αιολική, κ.α.) που συχνά μαζί με τη γεωθερμία αναφέρονται ως νέες ΑΠΕ, παρουσιάζουν μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 19%. Η συνολική παραγωγή ενέργειας από

αιολική ενέργεια εμφανίζει εντυπωσιακή αύξηση παγκοσμίως της τάξης του 30-40%, με την παραγωγή στην Ευρωπαϊκή Ένωση να παρουσιάζει μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 38%.

Σχετικά με τους τομείς κατανάλωσης της ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας (58%) καταναλώνεται σε οικιακές και εμπορικές χρήσεις, ενώ η παραγωγή ηλεκτρισμού κατέχει το 21% της παραγωγής.

### **1.5 Ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ε.Ε.**

Η συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συγκρινόμενη με το διαθέσιμο τεχνικό δυναμικό, είναι πολύ μικρή στο ενεργειακό ισοζύγιο της Κοινότητας. Υπάρχουν, παρόλα αυτά, ενδείξεις ότι βαθμιαία σημειώνεται αλλαγή. Οι τεχνολογίες που βασίζονται στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βελτιώνονται σταθερά, οι νοοτροπίες υπέρ της χρήσης τους αλλάζουν, και οι βιομηχανίες κατασκευής υπηρεσιών και μέσων για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ωριμάζουν. Ωστόσο, οι ΑΠΕ συνεχίζουν να έχουν πρόβλημα ευρείας χρήσης. Στην πραγματικότητα, τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, χρειάζονται μικρή προσπάθεια για να γίνουν ανταγωνιστικές. Επιπλέον, η βιομάζα, συμπεριλαμβανομένων και των ενεργειακών καλλιεργειών, η αιολική και ηλιακή ενέργεια, προσφέρουν ένα μεγάλο και ανεκμετάλλευτο τεχνικό δυναμικό.

Οι σημερινές τάσεις δείχνουν ότι σημαντική τεχνολογική πρόοδος σχετικά με τις τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει επιτευχθεί τα τελευταία χρόνια. Το κόστος μειώνεται σημαντικά και γρήγορα και πολλές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κάτω από κατάλληλες συνθήκες, έχουν φτάσει ή προσεγγίσει την οικονομική βιωσιμότητα. Τα πρώτα σημάδια εφαρμογών σε μεγάλη κλίμακα έχουν εμφανιστεί όσο αφορά στην ηλιακή και στην αιολική ενέργεια.

Ως ένα πρώτο βήμα υπέρ μιας στρατηγικής για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) υιοθέτησε το Πράσινο Χαρτί (Green Paper) το Νοέμβριο του 1996, στον οποίο δηλώνεται η σημασία επαρκούς δράσης στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την επίτευξη αειφόρου οικονομικής ανάπτυξης. Στόχος του είναι μια στρατηγική που θα οδηγήσει σε βελτιωμένο συναγωνισμό και σε ουσιαστική κατανομή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μακροπρόθεσμα.

Η Λευκή Βίβλος «Ενέργεια και Μέλλον», η οποία ψηφίστηκε το 1997, αποτελεί το επόμενο βήμα της Ε.Ε. σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η στρατηγική και το σχέδιο δράσης προσανατολίζεται υπέρ του στόχου της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με



ποσοστό 12% στο ενεργειακό ισοζύγιο το 2010. Η επίτευξη του παραπάνω στόχου απαιτεί τη στενή συνεργασία των κρατών μελών της Ε.Ε.

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο (1998), που τέθηκε πρόσφατα σε ισχύ, προβλέπεται μείωση των εκπομπών των Αερίων του Θερμοκηπίου στην ΕΕ κατά 8% το 2008-12 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Με βάση την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, έχει τεθεί ως στόχος μέχρι το 2010, το 22,1% της ηλεκτροπαραγωγής να προέρχεται από ΑΠΕ.

Ο λειτουργικός ορισμός των ΑΠΕ, στο επίπεδο κοινοτικών πολιτικών προώθησης, σύμφωνα με τον ορισμό του άρθρου 2 της οδηγίας 2001/77/ΕΚ είναι: οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική, ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια, ενέργεια κυμάτων, παλιρροϊκή ενέργεια, υδραυλική ενέργεια, βιομάζα, αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια).

#### **1.6 Ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα**

Το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας βασίζεται κυρίως στην εισαγωγή πετρελαίου. Η κατανάλωση φυσικού αερίου έχει αυξηθεί, λόγω της πρόσφατης εισαγωγής του στην αγορά. Το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών επί του συνολικού εφοδιασμού πρωτογενούς ενέργειας κυμαίνεται πολύ κοντά στο μέσο όρο της Ε.Ε.. Στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πρωταρχικό ρόλο κατέχει η υδροηλεκτρική ενέργεια ενώ τα τελευταία χρόνια, αύξηση παρουσιάζουν τα ενεργά συστήματα ηλιακής θέρμανσης και η αιολική ενέργεια. Τα αιολικά συστήματα διαθέτουν σημαντική εγκατεστημένη ισχύ, το 2005, η Ελλάδα κατατάσσονταν 10η σε εγκατεστημένη ισχύ αιολικών συστημάτων στην Ε.Ε..

Αναφορικά με την στρατηγική για τις ΑΠΕ, σύμφωνα με τον Ν. 3468/2006, ο ενδεικτικός στόχος όσον αφορά στη συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ανέρχεται σε ποσοστό 20,1% μέχρι το 2010 και σε ποσοστό 29% μέχρι το 2020. Στη χρήση ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας συντελεί η δέσμευση της Ελλάδας με τον ν.3017/2002 που αφορά στην κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο και με το Δεύτερο Εθνικό Πρόγραμμα Μείωσης των Εκπομπών που εγκρίθηκε με την ΠΥΣ 5/27.02.2003, σύμφωνα με τα οποία η Ελλάδα έχει αναλάβει για την περίοδο 2008-2012 την υποχρέωση της συγκράτησης της αύξησης των εκπομπών της στο + 25% σε σχέση με τις εκπομπές βάσης (εκπομπές του έτους 1990 για 3 έως 6 αέρια και του έτους 1995 για τα υπόλοιπα).

Σύμφωνα με το ορισμό του άρθρου 2 του Ν 2773/1999 όπως τροποποιήθηκε από τον Ν. 3468/2006 και το άρθρο 17 του Ν. 3489/2006, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε, είναι η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από:

- (α) Την εκμετάλλευση αιολικής ή ηλιακής ενέργειας ή βιομάζας ή βιοαερίου.
- (β) Την εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας.
- (γ) Την εκμετάλλευση ενέργειας από τη θάλασσα
- (δ) Την εκμετάλλευση υδάτινου δυναμικού με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς ισχύος μέχρι 15 MWe (όπως τροπ. η παρ. 4 του άρθρου 27 του Ν. 3468/2006 από το άρθρο 17 του Ν. 3489/2006).
- (ε) Το συνδυασμό των ανωτέρω.
- (στ) Τη συμπαραγωγή με χρήση των πηγών ενέργειας, των (α), (β) και συνδυασμό τους.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι, τα μεγάλα υδροηλεκτρικά, αν και συνυπολογίζονται στο στόχο της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ, δεν θεωρούνται ΑΠΕ, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία.

Δεδομένου ότι η συμβολή των μεγάλων ΥΗΕ, δεν μπορεί να υπερβεί το 6,7% της καταναλώσεως του 2010 (~68 TWh) και λαμβάνοντας υπόψη ότι τα ΜΥΗΕ σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία δεν θεωρούνται ΑΠΕ, έπεται ότι ποσοστό 13,4% θα πρέπει να προέρχεται από ΑΠΕ. Αυτό σημαίνει ότι με βάση τη σημερινή κατανομή, η εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ (εκτός των μεγάλων ΥΗΕ), πρέπει να αυξηθεί κατά 3.300 MW περίπου.

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου, τα κράτη μέλη της ΕΕ καθορίζουν μέτρα υποστήριξης καθώς και κριτήρια για την εναρμόνιση των πολιτικών ΑΠΕ, όπως απλοποίηση των διαδικασιών αδειοδότησης, εξασφάλιση σύνδεσης στα δίκτυα, πόρους ενίσχυσης επενδύσεων ΑΠΕ και εγγυημένη τιμή πώλησης KWh.

Στην Ελλάδα, οι βασικές συνιστώσες των υποστηρικτικών μηχανισμών είναι:

- Η σταθερή τιμή αγοράς για την ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ η οποία συνδέεται απευθείας με την τιμή καταναλωτή ηλεκτρικής ενέργειας και
- Η επιδότηση κεφαλαίου για επενδύσεις έργων ΑΠΕ (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικότητας Γ' ΚΠΣ - Μέτρα 2.1, 6.3 & 6.5, Αναπτυξιακός Νόμος Ν 3299/2004 – ΦΕΚ 261/Α/2004)

### **1.7 Θεσμικό πλαίσιο αδειοδότησης & χωροθέτησης έργων ΑΠΕ στην Ελλάδα**

Η πρώτη προσπάθεια προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα, γίνεται το 1985 με την έκδοση του Ν. 1559/1985 "Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών

ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις" (ΦΕΚ 135/Α/85) με τον οποίο παρέχεται η δυνατότητα σε ιδιώτες αυτοπαραγωγούς, ΔΕΗ και ΟΤΑ, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Ο Ν. 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 168/Α/1994), στα ίχνη του τότε ισχύοντος γερμανικού Νόμου (Stromeinspeisungsgesetz), αποτέλεσε την απαρχή για την ουσιαστική ανάπτυξη των ΑΠΕ καθώς έδωσε τη δυνατότητα σε ιδιώτες να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ ως ανεξάρτητοι παραγωγοί, καθορίζοντας για το διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας σταθερές τιμές πώλησης ανανεώσιμης ενέργειας σε επίπεδα ίσα με το 90% του γενικού τιμολογίου στη μέση τάση και υποχρέωση της ΔΕΗ για αγορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στη συνέχεια, ο Ν.2773/99 «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ 286/Α/99), καθιερώνει την άδεια παραγωγής, ενώ με την ΥΑ 2000/2002 «Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών και τύποι συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας» (ΦΕΚ Β 158), η άδεια παραγωγής αποτελεί προϋπόθεση για την έναρξη της αδειοδοτικής διαδικασίας.

Με το νόμο 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ 129/Α/2006) καταργήθηκαν ορισμένα άρθρα των νόμων 2773/1999 και 2244/1994 και επαναπροσδιορίστηκε από το άρθρο 3 (Άδεια Παραγωγής) η διαδικασία αδειοδότησης και εγκατάστασης μονάδων ΑΠΕ.

Σύμφωνα με τον Ν 3468/2006, στη διαδικασία έκδοσης άδειας παραγωγής περιλαμβάνεται και η διαδικασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης που αφορά στην έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

Η διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων διέπεται από τις διατάξεις του Ν. 1650/1985 «Για την προστασία του περιβάλλοντος» (ΦΕΚ 160/Α/86), όπως αυτός έχει τροποποιηθεί από το Ν. 3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11 Ε.Ε. και 96/91 Ε.Ε., διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορεύματα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 91/Α/2002) και ειδικά για τις ΑΠΕ προσδιορίζεται με την ΚΥΑ 1726/2003 "Διαδικασία προκαταρκτικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή

παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας" (ΦΕΚ 552/Β/2003).

Η ΚΥΑ 1726/2003, καταργήθηκε το 2006 από τις οικ. 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ και 104248/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ (ΦΕΚ 663/Β/2006), οι οποίες ρυθμίζουν θέματα που σχετίζονται με τη διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (Ε.Π.Ο.) έργων ΑΠΕ καθώς και με το περιεχόμενο και τα δικαιολογητικά των προμελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Π.Π.Ε) και των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.).

Η διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης των έργων ΑΠΕ, στηρίζεται εκτός των προαναφερόμενων και σε ένα πλήθος συναφών νόμων, υπουργικών αποφάσεων και εγκυκλίων που αφορούν σε θέματα όπως επέμβαση σε δημόσιες (δασικές) εκτάσεις, κωδικοποίησης των διατάξεων περί Αρχαιοτήτων κ.ά. Το σύνολο του θεσμικού και κανονιστικού πλαισίου για τη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης παρατίθεται στο Παράρτημα 1.

Η συνεχής εναλλαγή των νομοθετημάτων και κανονιστικών διατάξεων για τα έργα ΑΠΕ αντικατοπτρίζει την προσπάθεια ρύθμισης τεχνικών, περιβαλλοντικών, χωροταξικών και κοινωνικών ζητημάτων, που αναδείχθηκαν μέσα από τις παλαιότερες διαδικασίες αδειοδότησης, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση στην υλοποίηση των αντίστοιχων επενδύσεων.

Τα βασικότερα προβλήματα στην αδειοδοτική διαδικασία των έργων ΑΠΕ εστιάζονται στην πολυπλοκότητα της διαδικασίας και στον έντονα υποκειμενικό χαρακτήρα αξιολόγησης των αιτήσεων αδειοδότησης. Στο πλαίσιο καθορισμού μιας ολοκληρωμένης πολιτικής για την εγκατάσταση μονάδων αξιοποίησης ΑΠΕ, εκδόθηκε από τον Υπουργό Εσωτερικών, με βάση το άρθρο 6 του Νόμου περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας η εντολή υπ. Αρθ. 2 του 2006, σκοπός της οποίας είναι η καθοδήγηση των Πολεοδομικών Αρχών αναφορικά με τις αρχές και τα κριτήρια και τη διαδικασία άσκησης πολεοδομικού ελέγχου σε σχέση με αιτήσεις για χωροθέτηση μονάδων Παραγωγής Ενέργειας από ΑΠΕ.

Η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων ΑΠΕ στην Ελλάδα έχει αντιμετωπισθεί αποκλειστικά στο πλαίσιο των διαδικασιών περιβαλλοντικής αδειοδότησης των σχετικών έργων. Η διαδικασία αυτή, αν και επιτρέπει την εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον στο επίπεδο κάθε συγκεκριμένης εγκατάστασης, εν τούτοις δεν μπορεί, λόγω του εξατομικευμένου χαρακτήρα της, να απαντήσει στην ανάγκη καθιέρωσης γενικών κριτηρίων χωροθέτησης έργων ΑΠΕ, δηλαδή κριτηρίων που να διασφαλίζουν ένα κοινό πλαίσιο χωρικής οργάνωσης των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων ανάλογα με τη φυσιογνωμία και τις χωροταξικές ιδιαιτερότητες

των επιμέρους ενοτήτων του Ελληνικού χώρου, τις επιμέρους κατηγορίες έργων ΑΠΕ και τις ειδικές ανάγκες ανάπτυξης, προστασίας ή διαφύλαξης που απαντώνται σε συγκεκριμένες περιοχές και σε ευπαθή οικοσυστήματα της χώρας.

Την ανάγκη για ορθολογικό σχεδιασμό και προγραμματισμό για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων ΑΠΕ, υπέδειξε και το Συμβούλιο της Επικρατείας, επαναλαμβάνοντας και στο πεδίο των ΑΠΕ, την πάγια νομολογία για την ανάγκη ευρύτερου χωροταξικού σχεδιασμού.

Λαμβάνοντας υπόψη την Κοινοτική Οδηγία 2001/77/ΕΚ, τους Νόμους 3299/2004 και 3468/2006, πρόσφατα θεσπίστηκε το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, έχοντας ως κύριο σκοπό τη διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης έργων ΑΠΕ, ανά κατηγορία δραστηριότητας και κατηγορία χώρου, βάσει των διαθέσιμων σε εθνικό επίπεδο στοιχείων, την καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν, αφενός τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων ΑΠΕ και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και τέλος τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των εγκαταστάσεων ΑΠΕ, ώστε να επιτευχθεί ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

Το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α) αποτελεί το νομικό πλαίσιο στο οποίο στηρίζεται η χωροθέτηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα, ενώ παρέχει ένα σαφέστερο πλαίσιο στις αδειοδοτούσες αρχές και τις ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις, ώστε να προσανατολιστούν σε καταρχήν κατάλληλες από χωροταξικής απόψεως περιοχές εγκατάστασης και να περιοριστούν έτσι οι αβεβαιότητες και οι συγκρούσεις χρήσεων γης που συχνά αναφύονται επί του πεδίου.

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των όρων και των προϋποθέσεων που θέτει το Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων.

### **1.8 Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ**

Το Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α καθορίζει για τα αιολικά πάρκα συγκεκριμένους κανόνες χωροθέτησης, έχοντας ως στόχο αφενός τη δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και τοπίο.

Σε αυτό το πλαίσιο, με βάση το εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό και τα ιδιαίτερα περιβαλλοντικά και χωροταξικά χαρακτηριστικά, ο Ελλαδικός χώρος διαιρείται στις ακόλουθες γεωγραφικές ενότητες:

- α. Ηπειρωτική χώρα, συμπεριλαμβανομένης και της νήσου Εύβοιας
- β. Αττική (αποτελεί ειδικότερη κατηγορία της ηπειρωτικής χώρας λόγω του μητροπολιτικού χαρακτήρα της)
- γ. Κατοικημένα νησιά Ιονίου και Αιγαίου Πελάγους, συμπεριλαμβανομένης και της Κρήτης
- δ. Υπεράκτιος θαλάσσιος χώρος και ακατοίκητες νησίδες.

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά οι καταευθύνσεις του Ε.Π.Χ.ΣΑ.Α για την ηπειρωτική χώρα στην οποία υπάγεται η περιοχή μελέτης, ο Νομός Φωκίδας.

Η ηπειρωτική χώρα, διακρίνεται περαιτέρω σε Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) και σε Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ) ως εξής:

- α. Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) : Είναι οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, οι οποίες διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών (ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, αυξημένη ζήτηση εγκατάστασης Α/Γ κλπ), ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από απόψεως επίτευξης των χωροταξικών στόχων (ελεγχόμενη συγκέντρωση των αιολικών εγκαταστάσεων) διότι συγκεντρώνουν τη μεγαλύτερη ζήτηση (αιτήσεις παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας).
- β. Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ). Είναι ομάδες ή επιμέρους περιοχές πρωτοβάθμιων Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) της ηπειρωτικής χώρας καθώς και μεμονωμένες θέσεις, οι οποίες δεν εμπίπτουν σε ΠΑΠ αλλά διαθέτουν ικανοποιητικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό, και προσφέρονται για το λόγο αυτό για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων. Στις ΠΑΚ, συμπεριλαμβάνονται και οι κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων ζώνες, που θα προσδιοριστούν, με βάση τα κριτήρια του παρόντος Ειδικού Πλαισίου, από τα οικεία Περιφερειακά Πλαίσια, Ρυθμιστικά Σχέδια, Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια, Σχέδια Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτών Πόλεων, Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου ή άλλα σχέδια χρήσεων γης.

Σε όλες τις κατηγορίες περιοχών, καθορίζονται περιοχές αποκλεισμού και ζώνες ασυμβατότητας, εντός των οποίων αποκλείεται η χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων. Επίσης καθορίζονται οι ελάχιστες αποστάσεις των αιολικών εγκαταστάσεων από γειτνιάζουσες χρήσεις γης, δραστηριότητες και δίκτυα τεχνικής υποδομής.

Οι περιοχές αποκλεισμού και ζώνες ασυμβατότητας αιολικών εγκαταστάσεων συνοψίζονται σε πέντε βασικές κατηγορίες:

- Περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος
- Περιοχές και στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς
- Περιοχές οικιστικής δραστηριότητας

- Δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικές χρήσεις
- Ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων

Στους παρακάτω πίνακες καταγράφονται οι ελάχιστες αποστάσεις των αιολικών εγκαταστάσεων από τις ομαδοποιημένες περιοχές αποκλεισμού / ζώνες ασυμβατότητας.

Πίνακας 1.1

Ελάχιστες αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος

<b>Ασύμβατη χρήση</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση</b>
Περιοχές απολύτου προστασίας της Φύσης του άρθρου 19 παρ.1,2 Ν.1650/86 (Α' 160)	Σύμφωνα με την εγκεκριμένη ΕΠΜ ή το σχετικό π.δ. (του άρθρου 21 του ν. 1650/86) ή την σχετική ΚΥΑ (ν. 3044/02)
-Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, κηρυγμένα μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στο προηγούμενο εδάφιο. - Οι οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής (ΕΕ L 259 της 21.9.2006, σ. 1).	Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ
Αξιόλογες ακτές και παραλίες (π.χ.αμμώδεις)	1.000 μ.
Περιοχές ΖΕΠ ορνιθοπανίδας (SPA)	Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ, μετά από ειδική ορνιθολογική μελέτη

Πίνακας 1.2

Ελάχιστες αποστάσεις από περιοχές και στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς

<b>Ασύμβατη χρήση</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση</b>
Εγγεγραμμένα στον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και άλλα μείζονος σημασίας μνημεία, αρχαιολογικοί χώροι και ιστορικοί τόποι. της παρ. 5. εδάφιο ββ του άρθρου 50 του Ν. 3028/02	3.000 μ.
Ζώνη απολύτου προστασίας (Ζώνη Α) λοιπών αρχαιολογικών χώρων	$A=7d$ , όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500 μ.
Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι	$A=7d$ , όπου (d) η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας, τουλάχιστον 500 μ.

Πίνακας 1.3

Ελάχιστες αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες

<b>Ασύμβατη χρήση</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση</b>
Πόλεις και οικισμοί με πληθυσμό >2000 κατοίκων ή οικισμοί με πληθυσμό < 2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως δυναμικοί, ή και τουριστικοί ή και αξιόλογοι	1.000 μ από το όριο του οικισμού ή του σχεδίου πόλης κατά περίπτωση
Παραδοσιακοί οικισμοί	1.500 μ. από το όριο του οικισμού
Λοιποί οικισμοί	500 μ. από το όριο του οικισμού
Οργανωμένη δόμηση Α' ή Β' κατοικίας (Π.Ε.Ρ.ΠΟ., Συνεταιρισμοί κλπ) ή και διαμορφωμένες περιοχές Β' κατοικίας, όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της Μ.Π.Ε. κάθε μεμονωμένης εγκατάστασης αιολικού πάρκου	1.000 μ. από τα όρια του σχεδίου ή της διαμορφωμένης περιοχής αντίστοιχα.
Ιερές Μονές	500 μ. από τα όρια της Μονής
Μεμονωμένη κατοικία (νομίμως υφιστάμενη)	Εξασφάλιση ελάχιστου επιπέδου θορύβου μικρότερου των 45 db.

Πίνακας 1.4

Ελάχιστες αποστάσεις από δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικές χρήσεις

<b>Ασύμβατη χρήση</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση</b>
Κύριοι οδικοί άξονες, οδικό δίκτυο αρμοδιότητας των Ο.Τ.Α. και σιδηροδρομικές γραμμές	Απόσταση ασφαλείας 1,5d από τα όρια της ζώνης απαλλοτρίωσης της οδού ή του σιδηροδρομικού δικτύου αντίστοιχα
Γραμμές υψηλής τάσεως	Απόσταση ασφαλείας 1,5d από τα όρια από τα όρια διέλευσης των γραμμών Υ.Τ.
Υποδομές τηλεπικοινωνιών (κεραίες), RADAR	Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα
Εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες της αεροπλοΐας	Κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα



Πίνακας 1.5

Ελάχιστες αποστάσεις από ζώνες ή εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων

<b>Ασύμβατη χρήση</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης από την ασύμβατη χρήση</b>
Αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, ζώνες αναδασμού, αρδευόμενες εκτάσεις	Απόσταση ασφαλείας 1,5d
Ιχθυοκαλλιέργειες	Απόσταση ασφαλείας 1,5d
Μονάδες εσταυλισμένης κτηνοτροφίας	Απόσταση ασφαλείας 1,5d
Λατομικές ζώνες και δραστηριότητες	Όπως ορίζεται στην κείμενη νομοθεσία.
Λειτουργούσες επιφανειακά μεταλλευτικές - εξορυκτικές ζώνες και δραστηριότητες	500 μ.
ΠΟΤΑ, και άλλες Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα, θεματικά πάρκα, τουριστικοί λιμένες και άλλες θεσμοθετημένες ή διαμορφωμένες τουριστικά περιοχές (όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση).	1.000 μ. από τα όρια της ζώνης / περιοχής
Τουριστικά καταλύματα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, ειδικές τουριστικές υποδομές,, τουριστικοί λιμένες	1.000 μ. από τα όρια της μονάδας
Λοιπά τουριστικά καταλύματα και εγκαταστάσεις	500 μ.

Εκτός των παραπάνω, σε όλες τις περιοχές ΠΑΠ και ΠΑΚ καθορίζονται συγκεκριμένες αποστάσεις για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των αιολικών εγκαταστάσεων. Οι αποστάσεις για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των αιολικών εγκαταστάσεων καταγράφονται στον πίνακα 1.6.

Πίνακας 1.6

Αποστάσεις για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και απόδοσης των αιολικών εγκαταστάσεων

Παράμετροι που επηρεάζουν την λειτουργικότητα της εγκατάστασης	Απόσταση εγκατάστασης
Μέγιστη απόσταση από υφιστάμενη οδό χερσαίας προσπέλασης οποιασδήποτε κατηγορίας	-Για εγκατεστημένη ισχύ/μονάδα κάτω των 10 MWε: Σε ΠΑΠ και Αττική: 20 χλμ. μήκους όδευσης -Σε άλλες περιοχές (ΠΑΚ): 15 χλμ. ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ / μονάδα -Σε νησιά: 10 χλμ. ανεξάρτητα από την εγκατεστημένη ισχύ / μονάδα
Μέγιστη απόσταση από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Υψηλής Τάσης (Υ.Τ.)	Όπως ορίζει ο ΔΕΣΜΗΕ στους όρους σύνδεσης της εγκατάστασης (υψηλή τάση) και η ΔΕΗ (μέση και χαμηλή τάση)
Ελάχιστη απόσταση (Α) από σημαντικά σταθερά στοιχεία άμεσης παρεμβολής (φυσικά ή ανθρωπογενή) που εμποδίζουν την εκμετάλλευση του ανέμου	7 φορές το ύψος του σταθερού στοιχείου άμεσης παρεμβολής ( $A=7xY$ )
Ελάχιστη απόσταση (Α) μεταξύ των ανεμογεννητριών	-Με ανάπτυγμα κάθετα στην κατεύθυνση του κυρίαρχου ανέμου: 3 φορές τη διάμετρο (d) της φτερωτής της ανεμογεννήτριας ( $A=3d$ ) -Με ανάπτυγμα παράλληλο στην κατεύθυνση του κυρίαρχου ανέμου: 7 φορές τη διάμετρο (d) της φτερωτής της ανεμογεννήτριας ( $A= 7d$ )

Σε όλες τις κατηγορίες περιοχών ΠΑΚ και ΠΑΠ της ηπειρωτικής χώρας, καθορίζονται ειδικά κριτήρια για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων:

- *Μέγιστες επιτρεπόμενες πυκνότητες αιολικών εγκαταστάσεων σε επίπεδο πρωτοβάθμιου ΟΤΑ*

Έχοντας ως στόχο την ομαλή ένταξη των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον, προκειμένου να μην μονοπωληθεί η χρήση γης από την εγκατάσταση μονάδων παραγωγής αιολικής ενέργειας, έχουν θεσπιστεί μέγιστες επιτρεπόμενες πυκνότητες. Ανάλογα με την περιοχή καθορίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις σε επίπεδο πρωτοβάθμιου ΟΤΑ ως εξής:

- α. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις στους πρωτοβάθμιους ΟΤΑ που εμπίπτουν σε ΠΑΠ της ηπειρωτικής χώρας δεν μπορεί να υπερβαίνει το 8% της έκτασης ανά ΟΤΑ (άλλως 1,05 τυπικές ανεμογεννήτριες /1000 στρέμ.).

- β. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις στους Δήμους Μονεμβασίας, Αραχώβης, Καρπενησίου και Καρύστου που χαρακτηρίζονται από υψηλό δείκτη τουριστικής ανάπτυξης δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% ανά Δήμο (άλλως 0,53 τυπικές ανεμογεννήτριες /1000 στρέμ.).
- γ. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις στους πρωτοβάθμιους ΟΤΑ που εμπίπτουν σε ΠΑΚ της ηπειρωτικής χώρας δεν μπορεί να υπερβαίνει το 5% ανά ΟΤΑ (άλλως 0,66 τυπικές ανεμογεννήτριες /1000 στρέμ.).
- δ. Για τις αιολικές εγκαταστάσεις που εμπίπτουν σε περισσότερους του ενός ΟΤΑ των πιο πάνω περιπτώσεων α' έως και γ', οι επιτρεπόμενες κατά περίπτωση πυκνότητες εφαρμόζονται για το τμήμα της αιολικής εγκατάστασης που εμπίπτει σε κάθε ένα ΟΤΑ ξεχωριστά.
- *Κριτήρια ένταξης των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο*

Οι κανόνες ένταξης των Α/Π στο τοπίο, διαφοροποιούνται ανάλογα με την κατηγορία του χώρου στον οποίο εμπίπτουν και έχουν ως στόχο την ελαχιστοποίηση της όποιας 'υποκειμενικότητας' στην εκτίμηση του τοπίου και στην αξιολόγηση των επιπτώσεων από την εγκατάσταση των Α/Π. Αρχικά εντοπίζονται τα «σημεία ενδιαφέροντος» και χαράσσεται ένας κύκλος με κέντρο το εκάστοτε σημείο και ακτίνα που διαφοροποιείται ανάλογα με τη σημασία και την ποιότητα του σημείου αλλά και την κατηγορία του χώρου στην οποία ανήκει.

Στη συνέχεια ελέγχεται το κριτήριο της «πυκνότητας», η συνολική πυκνότητα των ανεμογεννητριών που χωροθετούνται εντός του κύκλου. Καθώς η πυκνότητα δεν μπορεί να είναι η ίδια σε όλα τα σημεία του κύκλου, ορίζονται τρεις ομόκεντροι κύκλοι στους οποίους η μέγιστη επιτρεπόμενη πυκνότητα είναι διαφορετική.

Στην περίπτωση που δεν ικανοποιείται το κριτήριο της πυκνότητας, εφαρμόζεται το κριτήριο της «οπτικής κάλυψης» που αφορά στο ποσοστό κάλυψης από ανεμογεννήτριες του οπτικού ορίζοντα ενός παρατηρητή που βρίσκεται στο σημείο ενδιαφέροντος και περιστρέφεται 360° περί τον εαυτό του. Για την εκτίμηση του κριτηρίου αυτού, οι ανεμογεννήτριες, εντός του κύκλου, των οποίων η μεταξύ τους πραγματική απόσταση δεν υπερβαίνει τα 500 μέτρα, ενώνονται με νοητά ευθύγραμμα τμήματα και υπολογίζονται οι γωνίες (σε μοίρες), που δημιουργούνται με κέντρο το σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος και με πλευρές που διέρχονται από τα άκρα των προαναφερθέντων νοητών τμημάτων. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η πραγματική απόσταση των Α/Γ από το σημείο, ο κύκλος χωρίζεται και πάλι σε τρεις συνολικά ομόκεντρες ζώνες Α', Β' και Γ', σε κάθε μία από τις οποίες, το άθροισμα των γωνιών, που περικλείουν τα νοητά τμήματα που βρίσκονται εντός της αντίστοιχης ζώνης, έχει διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας. Για τον υπολογισμό του δεύτερου αυτού κριτηρίου, πολλαπλασιάζεται

το άθροισμα των γωνιών με τους αντίστοιχους συντελεστές βαρύτητας και το γινόμενο διαιρείται προς το σύνολο του κύκλου ( $360^\circ$ ). Το ποσοστό που προκύπτει ελέγχεται αν ικανοποιεί το ποσοστό κάλυψης του ΕΠΧΣΑΑ.

Οι τιμές των μέγιστων αποστάσεων, της πυκνότητας και του ποσοστού οπτικής κάλυψης παρατίθενται στο παράρτημα IV του ΕΠΧΣΑΑ. (Ασημακόπουλος Γ, 2007)

### **1.9 Χωροταξική προσέγγιση των ΑΠΕ στην υπόλοιπη Ευρώπη**

Στη συνέχεια παρατίθενται οι εμπειρίες από χώρες της Ευρώπης όσον αφορά στο χωροταξικό σχεδιασμό των ΑΠΕ καθώς και οι μέθοδοι αντιμετώπισης κρίσιμων σημείων όπως το τοπίο, οι επιπτώσεις σε πουλιά, ο θόρυβος, οι offshore εγκαταστάσεις κλπ. Παρουσιάζονται εμπειρίες από χώρες όπως η Δανία, το Βέλγιο, η Ολλανδία, η Γαλλία, η Γερμανία, και η Ισπανία.

Στις χώρες που αναφέρονται παραπάνω, ο χωροταξικός σχεδιασμός των ΑΠΕ γίνεται σε επίπεδο περιφέρειας ακολουθώντας τους εθνικούς στόχους και τις κατευθύνσεις για την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ. Τα τοπικά και δημοτικά σχέδια συμμορφώνονται με βάση τον περιφερειακό σχεδιασμό και υπάρχουν για συγκεκριμένα έργα.

Σε χώρες όπως η Γαλλία, η Γερμανία και η Ισπανία δεν υπάρχουν εκ των προτέρων απαγορεύσεις σε Ζώνες Ειδικής Προστασίας (Special Protective Areas – SPA). Το επιτρεπτό της εγκατάστασης κρίνεται στην αξιολόγηση της ΜΠΕ του έργου. Βασικά στοιχεία της αξιολόγησης της ΜΠΕ είναι: 1) η μη ύπαρξη εναλλακτικής λύσης και 2) η διατήρηση των φυσικών ενδιαιτημάτων με την εφαρμογή προληπτικών μέτρων και έργων αντιστάθμισης.

Σε χώρες όπως η Δανία, το Βέλγιο και η Ολλανδία, οι στρατηγικές που ακολουθούνται για τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ είναι πιο αυστηρές και δίνονται συγκεκριμένες κατευθύνσεις για ορισμένες κατηγορίες χώρου με ειδικό καθεστώς προστασίας: προστατευόμενες περιοχές, εθνικά πάρκα, ζώνες του δικτύου Natura 2000 κλπ.

Τέλος, σε χώρες όπως Βέλγιο, Δανία, Γαλλία, Ολλανδία έχουν οριστεί ελάχιστες αποστάσεις για χωροθέτηση αιολικών πάρκων σε σχέση με οικισμούς, δρόμους, σιδηρόδρομους, τηλεπικοινωνίες, γραμμές υψηλής τάσης, ιστορικούς χώρους και κτίρια, προστατευόμενες περιοχές, δάση κλπ.

Σε όλες τις χώρες εξετάζονται διάφορα περιβαλλοντικά και χωροταξικά κριτήρια και γίνεται εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αιολικών πάρκων. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται

στο θόρυβο, στην επίδραση στο τοπίο και στα πουλιά. Τα κριτήρια αυτά αποτελούν μέρος της ΜΠΕ, ενώ πολλές μελέτες αναφέρονται στις επιπτώσεις της λειτουργίας των αιολικών πάρκων στα πουλιά.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, με δεδομένο ότι η παρούσα εργασία πραγματεύεται το πρόβλημα της χωροθέτησης μιας αιολικής εγκατάστασης στα πλαίσια ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, γίνεται εκτενής αναφορά στην τεχνολογία των ΓΣΠ ως μιας οργανωμένης συλλογής μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον. Καταγράφεται η ιστορική τους διαδρομή, αναλύονται τα στάδια και διαδικασίες που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο τους, αναδεικνύεται ο ρόλος τους στο χωρικό σχεδιασμό και το πεδίο των εφαρμογών τους. (Ασημακόπουλος Γ, 2007)

## **2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται διεξοδικά η τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π), η διαχρονική τους εξέλιξη και οι ορισμοί που κατά καιρούς τους έχουν αποδοθεί. Αναφέρονται τα μέρη ενός ΓΣΠ, τα στάδια και οι διαδικασίες του, το πεδίο εφαρμογών του. Αναλύεται η σχέση μεταξύ σχεδιασμού, ανάλυσης χώρου και ΓΣΠ και ο ρόλος τους σε μια ολοκληρωμένη χωρική προσέγγιση.

### **2.1 Εισαγωγή – Διαχρονική Εξέλιξη**

Η ανάπτυξη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) είναι στενά συνδεδεμένη με την πρόοδο των Η/Υ. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, οι εξελίξεις στην ταχύτητα και αποθηκευτική ικανότητα των Η/Υ σε συνδυασμό με την σημαντική πρόοδο στο λογισμικό των ΓΣΠ και τη συνεχώς αυξανόμενη διαθεσιμότητα χωρικών δεδομένων, κατέστησε τα ΓΣΠ διαθέσιμα τόσο από τεχνολογική όσο και από οικονομική άποψη σε μια μεγάλη γκάμα χρηστών.

Η ιστορία των ΓΣΠ ξεκινά το 1960, στον Καναδά όταν για τις ανάγκες του υπουργείου γεωργίας αναπτύχθηκε από τον R.Tomlinson το πρώτο ΓΣΠ υπό το όνομα CGIS. Η ανάπτυξη των ΓΣΠ, στα πρώτα τουλάχιστον χρόνια οφειλόταν αποκλειστικά σε κυβερνητικούς και στρατιωτικούς οργανισμούς.

Η δεκαετία του 1970 σηματοδοτεί τη μεγάλη ανάπτυξη των ΓΣΠ, όταν η ανάπτυξη του οικολογικού κινήματος και η επιθυμία των κυβερνητικών οργανισμών για όλο και περισσότερο έλεγχο στην χρήση γης, οδήγησε στην απαίτηση για την ανάπτυξη συστημάτων τα οποία όχι μόνο θα αποθήκευαν δεδομένα αλλά θα διαχειρίζονταν και θα τα ανέλυαν σε έναν αξιοπρεπή χρόνο. Την ίδια χρονική περίοδο, εμφανίζονται οι πρώτες εμπορικές επιχειρήσεις κατασκευής λογισμικού (ESRI , Intergraph), εκμεταλλευόμενες την ανάπτυξη των υπολογιστών, οι οποίες προχωρούν στην ανάπτυξη και διάθεση στην αγορά "off-the-self" GIS λογισμικού. (Π. Κίκιρας)

Ταυτόχρονα, υπό την αιγίδα της διεθνούς γεωγραφικής ένωσης και της UNESCO, λαμβάνουν χώρα, στην Οτάβα του Καναδά, τα πρώτα δύο συνέδρια για τα ΓΣΠ. Το κομβικό σημείο της ανάπτυξης των ΓΣΠ είναι το 1972, όταν παρουσιάστηκε σε συνέδριο το πρώτο βιβλίο για τα συστήματα αυτά. Έκτοτε, πανεπιστήμια σε Ευρώπη και Βόρειο Αμερική εισάγουν τα ΓΣΠ στα προγράμματα σπουδών τους, παράγοντας την πρώτη γενιά εξειδικευμένων στα ΓΣΠ στελεχών. (Π. Κίκιρας)

Τα τελευταία χρόνια τα ΓΣΠ έχουν αναδειχθεί σε σημαντικά εργαλεία, όχι μόνο στις γεωεπιστήμες και στις επιστήμες του περιβάλλοντος, αλλά ουσιαστικά σε όλες τις εργασίες που απαιτούν την παρακολούθηση, το σχεδιασμό ή τη διαχείριση του χώρου. Σήμερα τα ΓΣΠ είναι το κυρίαρχο εργαλείο επεξεργασίας δεδομένων που χρησιμοποιείται για την ανάλυση, μοντελοποίηση και οπτικοποίηση των δεδομένων χωρικής αναφοράς. Ένας ακόμη λόγος για τον οποίο τα ΓΣΠ έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια δημοφιλή είναι η ικανότητά τους να αλληλεπιδρούν με περισσότερο προηγμένα υπολογιστικά συστήματα, όπως τα συστήματα μοντελοποίησης, προσομοίωσης και λήψης αποφάσεων.

## 2.2 Ορισμοί Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Η βιομηχανία και η ακαδημαϊκή κοινότητα δεν έχει αναπτύξει έναν μόνο ορισμό που να χαρακτηρίζει τα ΓΣΠ. Υπάρχουν τόσο πολλοί ορισμοί όσοι και οι επιστήμες που αναμειγνύονται με τα ΓΣΠ: γεωγραφία, αστικός σχεδιασμός, αρχιτεκτονική του τοπίου, περιβαλλοντικές επιστήμες, επιστήμη των αποφάσεων και άλλες. Μερικοί από το μεγάλο πλήθος ορισμών των Γ.Σ.Π δίνονται στην συνέχεια:

1. Ο F. Hanigan ορίζει ως GIS οποιοδήποτε πληροφοριακό σύστημα μπορεί να:
  - Συλλέγει, αποθηκεύει, και ανακτά πληροφορίες βασισμένο στην χωρική τους διάσταση.
  - Αναγνωρίζει τοποθεσίες εντός ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος οι οποίες απαντούν σε συγκεκριμένα κριτήρια.
  - Ανακαλύπτει σχέσεις ανάμεσα σε σετ δεδομένων του περιβάλλοντος.
  - Αναλύει χωρικά τα δεδομένα βοηθώντας στη λήψη αποφάσεων σχετικά με το υπό εξέταση περιβάλλον.
  - Διευκολύνει την επιλογή και το σερβίρισμα δεδομένων σε εφαρμογές ικανές να εκτιμούν με τη χρήση αναλυτικών μοντέλων την επίδραση της μεταβολής των δεδομένων στο περιβάλλον..
  - Παρουσιάζει το επιλεγμένο περιβάλλον, τόσο γραφικά, όσο και αριθμητικά, πριν ή μετά από ανάλυση.

Από τον παραπάνω ορισμό προκύπτει ότι τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών δεν είναι απλώς ένας ακόμα εναλλακτικός τρόπος προβολής δεδομένων με γραφικά. Είναι ένα αναλυτικό σετ εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση και απεικόνιση χωρικών πληροφοριών.

2. Ο Burrough, ορίζει ως Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ένα σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, τη διαχείριση και την απεικόνιση χωρικών δεδομένων, που υποστηρίζει τη διαδικασία του σχεδιασμού, παρέχοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να αναλύει γεωγραφικές πληροφορίες για κάποιο συγκεκριμένο σκοπό, σύμφωνα με το δικό του μοντέλο λήψης αποφάσεων. (P. Burrough, 1986)

3. «Τα ΓΣΠ γενικά μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα σύνολο προγραμμάτων που λειτουργούν πάνω σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων» (Goodchild, 1985)
4. «Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι ένα Ηλεκτρονικό Σύστημα ικανό να αποθηκεύσει, να επεξεργαστεί και να παρουσιάσει με ταχύτητα και ακρίβεια χωρικά δεδομένα της επιφάνειας της γης. Είναι ικανό να αλληλεπικαλύψει διάφορα επίπεδα πληροφοριών και να δημιουργήσει ένα συνθετικό επίπεδο προκειμένου να διαφανούν οι συσχετίσεις μεταξύ των επιπέδων. Παρέχει βελτιωμένες δυνατότητες αποθήκευσης, ανάλυσης και σύνθεσης χωρικών και περιγραφικών δεδομένων του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. (Κ. Κασσιός, 1994)
5. «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων (hardware), λογισμικών συστημάτων (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον.» (Κουτσόπουλος, 2002)

### **2.3 Τα μέρη ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών**

Τα ΓΣΠ έχουν τρία βασικά συστατικά τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ισορροπία και αλληλεξάρτηση. Τα βασικά αυτά συστατικά παρουσιάζονται στη συνέχεια (Κουτσόπουλος, 2002):

#### Τα μηχανήματα (hardware)

- Κεντρική μονάδα (CPU)
- Περιφερειακά
  - Εισόδου
  - Εξόδου
  - Διαχείρισης
  - Παρουσίασης
- Τερματικό

#### Οι αλγόριθμοι (software)

Αλγόριθμοι υπάρχουν πολλοί και ποικίλοι σε ένα ΓΣΠ, μπορούν όμως να κατηγοριοποιηθούν σε πέντε βασικές ομάδες (Burrough and McDonnell, 1998) και συγκεκριμένα:

- Λογισμικό Εισαγωγής και Επαλήθευσης Στοιχείων
- Λογισμικό Αποθήκευσης και Διαχείρισης Στοιχείων
- Λογισμικό Μετασχηματισμού Στοιχείων
- Λογισμικό Παρουσίασης



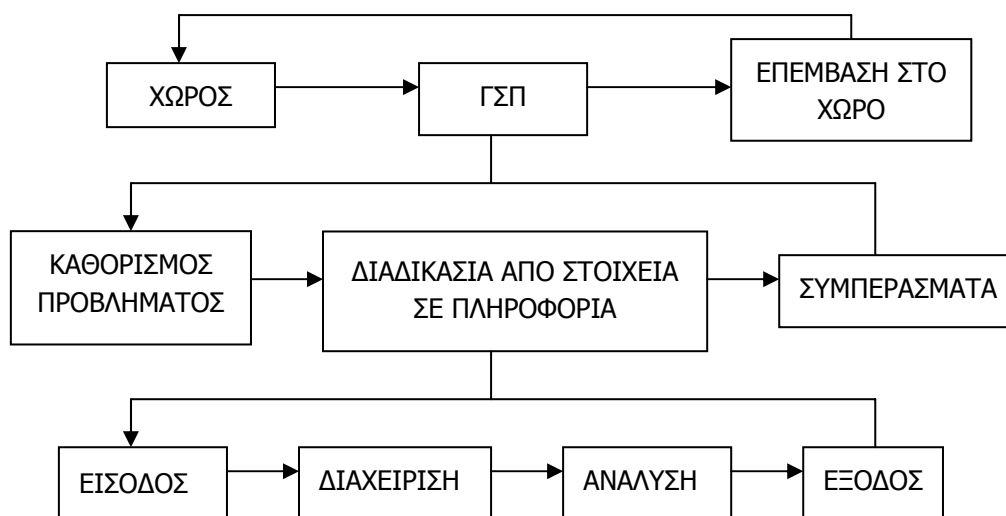
- Λογισμικό Αναζητήσεων
- Λογισμικό Ανάλυσης Χώρου

#### Τα διαθέσιμα (resources)

- Στοιχεία
- Άνθρωποι
- Οργανωτική Υποδομή

## 2.4 Στάδια & Διαδικασίες Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Τα στάδια και οι διαδικασίες σε ένα ΓΣΠ, παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.1 όπου φαίνονται καθαρά οι σχέσεις ανάδρασης που διέπουν όχι μόνο τις διαδικασίες μέσα στο ΓΣΠ αλλά και τη σχέση του ίδιου με το χώρο. Οι βασικές διαδικασίες για την ολοκλήρωση και εφαρμογή ενός ΓΣΠ είναι τρεις: ο καθορισμός του προβλήματος, η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία και τα συμπεράσματα. (Κουτσόπουλος, 2002)



**Σχήμα 2.1:** Στάδια και Διαδικασίες σε ένα ΓΣΠ

### 2.4.1 Καθορισμός του προβλήματος

Στον καθορισμό του προβλήματος πρώτη ενέργεια είναι η οριοθέτηση του γενικού στόχου της μελέτης, αφού αποτελεί το βασικό άξονα προσανατολισμού της, καθώς περιέχει το σκοπό στον οποίο αποβλέπει η μελέτη και οριοθετεί το πρόβλημα προς επίλυση (Κ. Κουτσόπουλος 2000). Πρέπει όμως να διατυπώνεται σωστά και αναλυτικά και να εστιάζεται σε υπαρκτά προβλήματα ώστε να υπάρχει η δυνατότητα εύρεσης της καταλληλότερης τεχνικής για την υλοποίησή του.

Είναι βασικά το πρώτο βήμα που απαιτεί μια μελέτη με τη χρήση ΓΣΠ στην πορεία της, αλλά συγχρόνως είναι και το πιο καθοριστικό. (Κ. Κουτσόπουλος 2002)

Ο προσδιορισμός της φύσης του προβλήματος, τόσο στα μέρη του, όσο και στις διασυνδέσεις τους, είναι φυσικό να διαφέρει από μελέτη σε μελέτη. Στον καθορισμό του προβλήματος οφείλει να υπάρχει αφενώς σαφής οριοθέτηση, τόσο του καθορισμού του συνολικού στόχου (goal), όσο και των αντικειμενικών στόχων της ανάπτυξης και χρήσης του ΓΣΠ (objectives), και αφετέρου μια σειρά προκαταρκτικών ενεργειών, αναγκαίων για μια σαφή προδιαγραφή της βάσης δεδομένων της μελέτης προκειμένου να εξασφαλιστεί η πληρότητα και η διαθεσιμότητα των γεωγραφικών στοιχείων και των περιγραφικών χαρακτηριστικών τους τα οποία είναι αναγκαία για την ανάλυση και τις άλλες διαδικασίες σε ένα ΓΣΠ (Κ. Κουτσόπουλος 2002)

#### **2.4.2 Διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία**

Η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία αποτελεί το νευραλγικό κέντρο κάθε ΓΣΠ και αποτελείται από τέσσερα στάδια. Το στάδιο εισόδου όπου τα χωρικά και μη χωρικά στοιχεία κωδικοποιούνται και αποθηκεύονται στον Η/Υ, το στάδιο της διαχείρισης όπου τα χωρικά στοιχεία διαμορφώνονται κατάλληλα (Βάση Δεδομένων) για το στάδιο της Ανάλυσης. Στο τελικό στάδιο της παρουσίασης, η χωρική πληροφορία που προέκυψε από τη διαδικασία της ανάλυσης παρουσιάζεται σε κάποιες από τις γνωστές μορφές. (Κ. Κουτσόπουλος 2002)

Στοιχεία είναι μια σειρά από αριθμητικά, ποσοτικά ή ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός συνόλου, σε μη επεξεργασμένη για το συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης μορφή, ενώ όταν περάσουν από μια διαδικασία επεξεργασίας και απαντούν σε κάποιο ερώτημα έχουμε πληροφορία. (Κ. Κουτσόπουλος 1990).

Η διαφοροποίηση αφορά κάθε συγκεκριμένο στάδιο ανάλυσης, που σημαίνει ότι πληροφορίες σε κάποιο στάδιο, μπορεί να αποτελέσουν στοιχεία για κάποιο επόμενο.

#### **Είσοδος: (Αποτύπωση / Αποθήκευση)**

Το στάδιο εισόδου αναφέρεται στη διαδικασία της αναγνώρισης και συλλογής στοιχείων για συγκεκριμένες εφαρμογές, κυρίως όμως, από τη σκοπιά των ΓΣΠ, αφορά την αποτύπωση και αποθήκευσή τους. Γενικά, τα αναγκαία σε ένα ΓΣΠ στοιχεία μπορούν να προέλθουν μέσα από πρωτογενείς διαδικασίες (π.χ. άμεση παρατήρηση ή θεωρητική έρευνα), από την επεξεργασία πρωτόγονων στοιχείων (πχ ψηφιοποίηση) ή τέλος, με την κατευθείαν εισαγωγή στοιχείων από διάφορες τράπεζες στοιχείων (πχ ΓΥΣ).

Βέβαια, οι περιπτώσεις όπου τα δεδομένα, υπό τη μορφή αρχείου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα ΓΣΠ (πχ DXF, TIFF, ASCII κ.α.) είναι λίγες. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο Η/Υ παρά τις μυθικές δυνατότητες που του αποδίδονται, δεν έχει την ικανότητα να κάνει χρήση της πληροφορίας στην μορφή που είναι διαθέσιμη (συνήθως χάρτες, παρατηρήσεις πεδίου και τηλεοπτικά στοιχεία) με αποτέλεσμα να υπάρχει πάντα ανάγκη μετατροπής της πληροφορίας σε μορφή που να μπορεί να διαβαστεί από Η/Υ. Η διαδικασία αυτής της μετατροπής περιλαμβάνει την αποτύπωση (όπου ένα σύνολο από μέσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν) και την αποθήκευση.

### **Διαχείριση**

Στη διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία, βασικός στόχος είναι η δημιουργία της πληροφορικής βάσης (data base), που αποτελεί και την αρχή της διαδικασίας ανάλυσης του αντικειμενικού στόχου του ΓΣΠ. Δηλαδή, η πληροφοριακή βάση αποτελεί τον ενδιάμεσο κρίκο μιας αλυσίδας ενεργειών, που αρχίζει από τον υπεύθυνο των αποφάσεων και καταλήγει στη διαμόρφωση των συμπερασμάτων από την ανάλυση των στοιχείων μέσα στο ΓΣΠ.

Η έννοια διαχείρισης στα ΓΣΠ αφορά στον τρόπο με τον οποίο στοιχεία για τη θέση, την τοπολογία και τα χαρακτηριστικά των γεωγραφικών οντοτήτων δομούνται και οργανώνονται και επομένως, αντιστοιχεί στον όρο σύστημα διαχείρισης δεδομένων (database management system – DBMS) και αναφέρεται σε ένα λογισμικό σύστημα για τη διαχείριση (ενημέρωση, συντήρηση και ανάκτηση) των στοιχείων της βάσης δεδομένων. Κατά συνέπεια, το σύστημα διαχείρισης δεδομένων αποτελεί ένα αναπόσπαστο και ίσως το σημαντικότερο τμήμα ενός ΓΣΠ. Ιστορικά υπήρξαν δύο μορφές βάσης δεδομένων σε σχέση με χωρικά φαινόμενα και διαδικασίες. Η πρώτη μορφή αναφέρεται στην αποθήκευση πληροφορίας για κάθε ένα χαρακτηριστικό που θεωρείται αναγκαίο (single factor). Η δεύτερη μορφή είναι λιγότερο εξειδικευμένη και αναφέρεται στο τελικό αποτέλεσμα μια διαδικασίας που ορίζει ομογενείς χωρικές μονάδες (unit approach).

Σήμερα, με την εξέλιξη της πληροφορικής και του σχεδιασμού έχουν δημιουργηθεί τέσσερα βασικά μοντέλα Βάσης Δεδομένων, το ιεραρχικό, το δικτυακό, το σχεσιακό και το αντικειμενοστραφές.

### **Ανάλυση**

Οι τεχνικές ανάλυσης που ένα ΓΣΠ οφείλει να χρησιμοποιεί, είναι δύσκολο να καθοριστούν εκ των προτέρων, καθώς ο αντικειμενικός σκοπός του ΓΣΠ, η φύση και μορφή των στοιχείων, και ο συνδυασμός λογισμικού – Η/Υ (software – hardware) που χρησιμοποιούνται από ένα σύστημα, έχουν διαφορετικές απαιτήσεις. Οι ερωτήσεις στις οποίες ένα ΓΣΠ μπορεί να απαντήσει κατά τη

διάρκεια της διαδικασίας της χωρικής ανάλυσης, διακρίνονται σε πέντε χαρακτηριστικές κατηγορίες.

- *Γεωγραφία:* «Τι υπάρχει στην χωρική ενότητα...»
- *Αναζήτηση βάση κριτηρίων:* «Που βρίσκεται...»
- *Τάσεις:* «Ποία η μεταβολή...»
- *Πρότυπα:* «Από ποια χωρικά πρότυπα χαρακτηρίζεται...»
- *Διαδικασίες:* «Τι θα συνέβαινε αν...»

### **Έξοδος**

Η έξοδος από τον Η/Υ και ο τρόπος που θα παρουσιαστεί η πληροφορία που η ανάλυση και γενικά το ΓΣΠ δημιούργησε, είναι καθοριστικός για την αποτελεσματικότητά του. Επομένως, η παρουσίαση της πληροφορίας είναι πρωταρχικής σημασίας για κάθε ΓΣΠ.

Οι βασικές μορφές εξόδου της πληροφορίας είναι τρεις και περιλαμβάνουν:

- Μη σχεδιαστικές αποδόσεις όπως πίνακες, μαθηματικές συναρτήσεις, μέσοι όροι
- Μορφές γραφημάτων όπως τα ιστογράμματα, τα πολύγωνα συχνότητας
- Χάρτες

Τα αποτελέσματα μιας ανάλυσης, μπορούν να παρουσιαστούν στην «οθόνη» του τερματικού, να αποθηκευτούν κατευθείαν σε δίσκους ή δισκέτες, να εκτυπωθούν στον εκτυπωτή ή να σχεδιαστούν στο σχεδιαστή (plotter).

Το κύριο μέσο μετάδοσης της επεξεργασμένης πληροφορίας ενός ΓΣΠ είναι ο χάρτης, καθώς σε όλες του τις μορφές και τις διαστάσεις παρέχει μια άμεση εποπτεία στα χωρικά φαινόμενα, με ελεγμένη ακρίβεια και πληρότητα και παραμένει ένας βασικός τρόπος επικοινωνίας.

Οι θεματικοί χάρτες έχουν ιδιαίτερη σημασία σαν μορφή εξόδου των ΓΣΠ, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην απεικόνιση τόσο των φυσικών φαινομένων όσο και των φαινομένων που σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η μετάδοση και επικοινωνία συγκεκριμένων ιδεών μέσα από τους θεματικούς χάρτες είναι περισσότερο αποτελεσματική, γιατί η ανθρώπινη αντίληψη είναι πιο άμεση στις εικόνες παρά στα πινακοποιημένα στοιχεία.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ΓΣΠ παρέχουν τη δυνατότητα απεικόνισης όλων των στοιχείων που συνθέτουν έναν χάρτη, ήτοι στοιχεία εδάφους, ιδιότητες του γεωγραφικού χώρου, υπομνήματα, κλίμακες και μια αρκετά μεγάλη γκάμα θεματικού συμβολισμού, δηλαδή την κατασκευή χαρτογραφικών συνθέσεων.

### **2.4.3 Συμπεράσματα**

Η διαδικασία από στοιχεία σε πληροφορία δημιουργεί και αναλύει την απαραίτητη πληροφορία για τη λύση του προβλήματος που αρχικά προσδιορίστηκε. Στα συμπεράσματα επομένως, πρέπει να καθρεπτίζεται η υλοποίηση του στόχου του ΓΣΠ, και κατ'επέκταση της Ολοκληρωμένης Χωρικής Προσέγγισης (ΟΧΠ), και οι εναλλακτικές απόψεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Παρουσιάζονται συνοπτικά οι προτεινόμενες λύσεις και η σκοπιμότητα τους σαν απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: τι είναι και τι είναι εφικτό;

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο στάδιο αυτό του ΓΣΠ, πρωταρχικό μέλημα είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων βασισμένων στην ανάλυση των στοιχείων που συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν μέσα από το ΓΣΠ. Όλα τα συμπεράσματα, πρέπει να είναι προσεκτικά τεκμηριωμένα με βάση κατάλληλα στοιχεία, ή, αν στηρίζονται στη γνώμη ή την κρίση του μελετητή, αυτό πρέπει να αναφέρεται και οι λόγοι αυτής της γνώμης πρέπει να εξηγούνται με σαφήνεια. Στη διάρκεια αυτού του σταδίου πρέπει να υπάρχει πάντα σαφής η διατύπωση των παραδοχών που χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Επειδή τα συμπεράσματα αποτελούν τον κρίκο σύνδεσης της ΟΧΠ, με τη διαδικασία επέμβασης στο χώρο, δεν αρκεί η απλή παράθεσή τους, αλλά χρειάζεται επιπλέον η αξιολόγηση και ο διαχωρισμός τους από το μελετητή. Η επέμβαση στο χώρο αποτελεί μια δυναμική, συνεχή και κυκλική διαδικασία. Για αυτό και τα ΓΣΠ οφείλουν από την μια μεριά να συγκεντρώνουν το απαραίτητο υλικό με το οποίο πρέπει να τροφοδοτείται αυτή η επέμβαση και από την άλλη μεριά να βρίσκουν τον καταλληλότερο τρόπο για αυτή την τροφοδότηση προκειμένου να μη δημιουργούνται ασυνέχειες.

## **2.5 Σχεδιασμός, Ανάλυση Χώρου και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών**

Οι θεωρήσεις των ΓΣΠ (διαχείριση, ανάλυση και σχεδιασμός) που οι επιμέρους υποστηρικτές τους τις θεωρούν αντιφατικές, μπορούν να ειπωθούν ως επιστημονικά πεδία που έχουν κοινό τόπο τη χωρική διάσταση και επομένως είναι αλληλοσυσχετιζόμενα και αποτελούν τμήματα μιας ΟΧΠ.

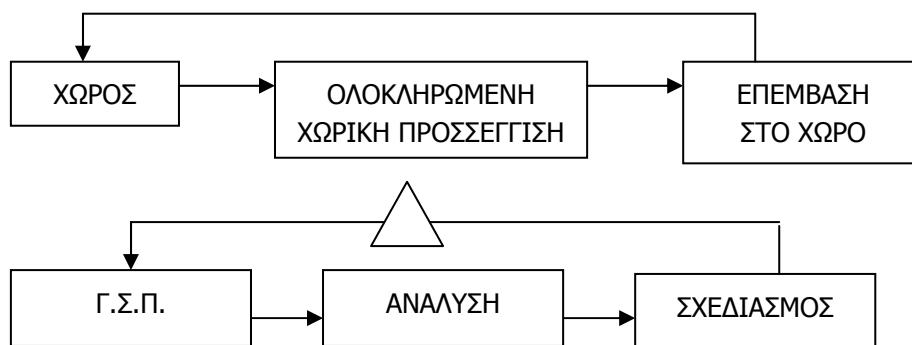
Πράγματι, μολονότι για το χωρικό σχεδιασμό δεν είναι απόλυτα αναγκαία η εφαρμογή μιας χωρικής ανάλυσης, με το ίδιο τρόπο που για την ανάλυση χώρου δεν είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός ΓΣΠ, εντούτοις υπάρχουν σημαντικά πλεονεκτήματα και για τις δύο αυτές διασυνδέσεις. Και αυτό γιατί η σχέση μεταξύ τους θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως αναπόφευκτα συμβιωτική. Με άλλους όρους, η ανάλυση χώρου αποτελεί την ικανή αλλά όχι και αναγκαία

συνθήκη για την επίτευξη του χωρικού σχεδιασμού, ενώ για την ίδια η ικανή συνθήκη είναι τα ΓΣΠ.

Η ανάπτυξη και διασύνδεση των τριών αυτών περιοχών είναι σαφώς ανισοβαρής και κυρίως χωρίς συγχρονισμό μεταξύ τους, καθώς εξελίχθηκαν ανεξάρτητα και χωρίς καμία προσπάθεια διασύνδεσής τους. Μόλις το 1993, ετέθη και εξετάστηκε με συστηματικό τρόπο η σχέση Ανάλυση χώρου και ΓΣΠ Σαν αποτέλεσμα, τρεις γνωστικές περιοχές που από τη φύση τους αποτελούν ένα ενιαίο σύστημα, προσεγγίστηκαν τμηματικά και αποσπασματικά. Παρατηρείται, δηλαδή, πλήρης έλλειψη μιας ολοκληρωμένης χωρικής προσέγγισης που να συμπεριλαμβάνει τις τρεις αυτές περιοχές χωρικού ενδιαφέροντος.

## 2.6 Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ως Ολοκληρωμένη Προσέγγιση Χωρικών Προβλημάτων και Συστήματα Υποστήριξης Χωρικών Αποφάσεων

Μέσα από την απλή χρήση των ΓΣΠ το περισσότερο που μπορούμε να επιτύχουμε είναι η περιγραφή των χωρικών προτύπων, ενώ ο χωρικός σχεδιασμός απαιτεί απαντήσεις σχετικά με τις χωρικές σχέσεις που εκφράζουν μονόδρομα οι διαδικασίες που τις δημιουργούν. Είναι επομένως φανερή η ανάγκη για ανάλυση χώρου που να συμπληρώνει και να συνδέεται με τα ΓΣΠ, αλλά ταυτόχρονα να εστιάζεται στο χωρικό σχεδιασμό. Επομένως, η ανάλυση χώρου πρέπει να ειδωθεί σαν τμήμα ενός συστήματος με επιπλέον στοιχεία τα ΓΣΠ και το σχεδιασμό και τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις ανάδρασης. Πιο συγκεκριμένα, στην ολοκληρωμένη χωρική προσέγγιση κάθε σχεδιαστική επέμβαση απαιτεί μια χωρική ανάλυση για το συγκεκριμένο πρόβλημα που ο σχεδιασμός έχει σαν στόχο. Σχήμα 2.2.



**Σχήμα 2.2:** Ολοκληρωμένη χωρική Προσέγγιση

Γίνεται μια συνεχής προσπάθεια βελτίωσης των σχέσεων των τριών τομέων του σχεδιασμού, της ανάλυσης χώρου και των ΓΣΠ, με την εξέλιξη των ΓΣΠ στο πλαίσιο δημιουργίας νέων

εργαλείων χωρικής ανάλυσης. Όσον αφορά στο σχεδιασμό, για την υποβοήθηση της διαδικασίας του σχεδιασμού έχουν αναπτυχθεί τα Σ.Υ.Χ.Α, τα οποία σε συνδυασμό με το σχέδιο δράσης και την αλληλεπίδραση του χρήστη, χρησιμοποιούνται για την περαιτέρω υποστήριξη και επίλυση κάθε χωρικού προβλήματος, στο πλαίσιο των ΓΣΠ και μεθόδων ανάλυσης δεδομένων.

Καθώς οι τεχνικές ανάλυσης που είναι ενσωματωμένες στα ΓΣΠ, είναι αποτελεσματικές για την επίλυση προβλημάτων που είναι πλήρως ορισμένα, σε αντίθεση με τα γεωγραφικά, περιβαλλοντικά προβλήματα είναι αναγκαία η ολοκλήρωση των ΓΣΠ με άλλες μεθόδους και τεχνικές, οι οποίες μπορεί να αποτελέσουν τμήματα ενός πλήρους ΣΥΧΑ.

Πρόσφατα, η λογική της ασάφειας, ως μέθοδος ανάλυσης δεδομένων σε συνδυασμό με τα ΓΣΠ χρησιμοποιείται για την υποστήριξη και την επίλυση χωρικών προβλημάτων σε συνδυασμό με την αλληλεπίδραση του χρήστη.

## **2.7 Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών**

Η τεχνολογία των ΓΣΠ χρησιμοποιείται σε πλήθος εφαρμογών για κάθε ζήτημα ανάλυσης και σχεδιασμού όπου η παράμετρος «γεωγραφικός χώρος» υπεισέρχεται άμεσα ή έμμεσα. Είναι δεδομένο πως ο χώρος, και η κάθε είδους πληροφορία που τον περιγράφει, είναι συνδεδεμένοι με ένα μεγάλο κομμάτι ανθρώπινων δραστηριοτήτων, ενώ σε επίπεδο οργάνωσης και λήψης αποφάσεων σχετικά με αυτές, σχεδόν κάθε επιλογή έχει άμεσα ή έμμεσα συσχετισμό με κάποιου είδους χωρική ανάλυση και σχεδιασμό. (Κουτσόπουλος, 2002)

Η απαίτηση για βελτιστοποίηση των διαδικασιών λήψης απόφασης σε προβλήματα τα οποία σχετίζονται με γεωγραφικά δεδομένα, οδήγησε στην ανάπτυξη εφαρμογών ΓΣΠ για ένα ευρύτατο φάσμα παραγωγικών τομέων. Έτσι, συστήματα ΓΣΠ χρησιμοποιούνται σε τομείς όπως η δημόσια διοίκηση, η βιομηχανία, η έρευνα και γενικότερα σχεδόν σε κάθε δραστηριότητα η οποία περιλαμβάνει γεωγραφικό περιεχόμενο. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται εφαρμογές ανά τομέα δραστηριότητας.

Πίνακας 2.1

Εφαρμογές ΓΣΠ ανά τομέα δραστηριότητας

ΤΟΜΕΑΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Επιχειρήσεις	Τράπεζες και Ασφάλειες
	MME
	Real Estate
	Retail Business
Επικοινωνίες	Υπηρεσίες Προσδιορισμού θέσης
	Σχεδίαση και ανάλυση δικτύων
Στρατός – Άμυνα	Βελτιστοποίηση Επιχειρήσεων
	Προγραμματισμός Προμηθειών
	Σύστημα Διοίκησης & Ελέγχου (C4I)
Δημόσια Διοίκηση	Κυβερνητικές Υπηρεσίες (ΥΠΕΧΩΔΕ, Υπ. Υγείας – χρησιμοποιούν sdss εφαρμογές)
	Πολιτική Προστασία (Διαχείριση Πυρκαγιών, Σχέδια εκκένωσης περιοχών)
Επιχειρήσεις Κοινής Ωφέλειας	Διαχείριση δικτύων νερού, ηλεκτρικού, φυσικού αερίου και τηλεφώνου
	Ανάλυση μολυσμένων χώρων
	Ανάλυση περιβαλλοντικού κινδύνου
Περιβάλλον – Διαχείριση Φυσικών Πόρων	Διαχείριση δασών, αγροτικών περιοχών, υγροβιότοπων κτλ.
	Διαχείριση ορυχείων, μεταλλείων
Κτηματολόγιο – Χρήση Γης	Εφαρμογές κτηματολογίου (ιδιοκτησία και δικαιώματα γης, φορολογία, εκτίμηση γης (land assessment), μεγιστοποίηση χρήσης γης κτλ
Μεταφορές	Δρομολόγηση και διαχείριση στόλου οχημάτων
	Ανάλυση κίνηση, επιλογή δρομολογίων κτλ.

Πηγή: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Εισαγωγή στην τεχνολογία και τις εφαρμογές τους, Παναγιώτης Κίκiras, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ

Τα παραπάνω πεδία εφαρμογών δείχνουν το ευρύ φάσμα δυνατοτήτων ανάπτυξης των ΓΣΠ. Τα ΓΣΠ μπορούν να συμβάλλουν στην ενιαία καταγραφή, οργάνωση, διαχείριση και ανάλυση των κοινωνικο-οικονομικών δεδομένων, ως προϋποθέσεις για τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. (Κουτσόπουλος, 2002)



Όπως αναλύθηκε στα πλαίσια του παρόντος κεφαλαίου, τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών αποτελούν ιδανικό εργαλείο διαχείρισης και απόδοσης χωρικών δεδομένων διαφορετικών πηγών και κλιμάκων. Ωστόσο, οι δυνατότητές τους για χωρική ανάλυση και μοντελοποίηση είναι αρκετά περιορισμένες, δεδομένου ότι τα αποτελέσματα τα οποία εξάγονται υπακούουν στη δυαδική λογική (Boolean logic), αδυνατώντας να αποδώσουν ρεαλιστικά τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά όρια ενός χώρου. Η χρήση της λογικής της ασάφειας για την ανάλυση των δεδομένων και τον υπολογισμό των τελικών αποτελεσμάτων, συνίσταται ακριβώς στην αντιμετώπιση της παραπάνω αδυναμίας, καθώς η υιοθέτηση της θεωρίας της ασάφειας για τη δημιουργία μοντέλων απεικόνισης φυσικών προβλημάτων ανταποκρίνεται με μεγαλύτερη ευκολία στην αναγκαιότητα της εισαγωγής με μαθηματικό τρόπο της ανακρίβειας και της απροσδιοριστίας που υπάρχει στα φυσικά προβλήματα. Τα βασικά χαρακτηριστικά της ασαφούς λογικής και των ασαφών συστημάτων περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

### **3 ΛΟΓΙΚΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΕΙΑΣ**

Αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου αποτελεί η απόδοση των βασικών χαρακτηριστικών της ασαφούς λογικής και των ασαφών συστημάτων. Γίνεται αναφορά στις χρήσεις της Ασαφούς Λογικής και των βασικών πλεονεκτημάτων της ως μεθόδου και αναλύονται τα στάδια υλοποίησής της.

#### **3.1 Ιστορική αναδρομή**

Η Λογική της Ασάφειας, ως επιστήμη και ως μέθοδος προσεγγίζει με αληθοφάνεια τις συνθήκες του πραγματικού κόσμου. Μπορεί να ερμηνεύσει και συνεχείς, μη γραμμικές ή κατηγοριοποιημένες ιδιότητες δεδομένων, καθώς και δεδομένα με διαφορετικές κλίμακες μέτρησης όπως ποιοτική και ποσοτική (Odeh 1990).

Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα ο B. Russel, έθεσε τα θεμέλια της αόριστης - ασαφούς σήμερα λογικής. Στη συνέχεια ο Heisenberg ανακάλυψε στην κβαντική φυσική την αρχή της αβεβαιότητας, σύμφωνα με την οποία μπορούμε να μετρήσουμε κάποια πράγματα με πολύ μεγάλη ακρίβεια, αλλά δεν μπορούμε να μετρήσουμε ταυτόχρονα κάποια άλλα πράγματα με την ίδια ακρίβεια. Η αρχή αυτή δηλώνει ότι στην πραγματικότητα ασχολούμαστε με την τρίτημη λογική: Οι προτάσεις είναι αληθείς, ψευδείς ή ακαθόριστες, Ο Πολωνός Lukasiewicz τεμάχισε το ακαθόριστο σε πολλαπλά κομμάτια, εισάγοντας την πολύτιμη ή πλειότιμη λογική και στη συνέχεια όρισε στην ακαθοριστία ένα συνεχές σύνολο.

Το 1937, ο φιλόσοφος της Κβαντικής θεωρίας Max Black δημοσίευσε ένα άρθρο για τα αόριστα σύνολα, αυτά που σήμερα ονομάζουμε ασαφή σύνολα, το οποίο αγνοήθηκε από τον κόσμο της επιστήμης και της φιλοσοφίας.

Η ασαφής λογική επινοήθηκε από τον L. Zadeh, στα μέσα της δεκαετίας του 1960. Σύμφωνα με τον Zadeh, η ασαφής λογική παρέχει μια μέθοδο εξήγησης και ταυτόχρονα μείωσης της πολυπλοκότητας των ασαφών συστημάτων. Κατά τον Zadeh, μεγάλο μέρος της πολυπλοκότητας των ασαφών συστημάτων προέρχονταν από τον τρόπο που αναπαρίστανται και χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές, καθώς μπορούσαν να αναπαραστήσουν την κατάσταση ενός φαινομένου, είτε ως υπάρχουσα, είτε ως μη υπάρχουσα, με αποτέλεσμα οι μαθηματικοί υπολογισμοί για την εκτίμηση πράξεων σε οριακές καταστάσεις να γίνονται ιδιαίτερα πολύπλοκοι. Την παραπάνω διαπίστωση τη δήλωσε με την αρχή της ασυμβατότητας:

«...καθώς η πολυπλοκότητα ενός συστήματος αυξάνεται, η ικανότητα για ακριβείς και ταυτόχρονα σημαντικές δηλώσεις σχετικά με τη συμπεριφορά του μειώνεται, μέχρι ένα σημείο πέρα από το οποίο η ακρίβεια και η σημαντικότητα αποτελούν σχεδόν αμοιβαία αποκλειόμενα χαρακτηριστικά..»

Κάτω από αυτό το πρίσμα μοντελοποίησης συστημάτων, οι βασικοί μηχανισμοί αναπαρίστανται με γλωσσικές και όχι μαθηματικές μεταβλητές. Σύμφωνα με τον Zadeh, οι άνθρωποι επικοινωνούν χρησιμοποιώντας ασαφείς όρους και όχι σύμβολα ή αριθμούς. Οι ασαφείς αυτοί όροι αναπαριστούν γενικές κατηγορίες και όχι καθορισμένα εκ των προτέρων σύνολα. Η μετάβαση από μια κατηγορία – έννοια, ιδέα ή κατάσταση προβλήματος – στην επόμενη είναι σταδιακή, με κάποιες καταστάσεις να έχουν μεγαλύτερη ή μικρότερη συμμετοχή σε ένα σύνολο από ότι σε κάποιο άλλο.

Χρησιμοποιώντας αυτή την έννοια των ελάχιστων συνόλων και επηρεαζόμενος από τα έργα των Black και Lukaiseiwicz, πρότεινε την ιδέα των ασαφών συνόλων, εισάγοντας έτσι και την ασαφή λογική.

### **3.2 Χρήσεις Ασαφούς Λογικής**

Τα ασαφή συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εκτιμήσεις, στη λήψη αποφάσεων και σε μηχανικά συστήματα, όπως τα συστήματα κλιματισμού, ηλεκτρικοί υπολογιστές, ηλεκτρικές σκούπες, μηχανικά συστήματα αεροπλάνων και πολλές άλλες συσκευές.

### **3.3 Πλεονεκτήματα από τη χρήση της ασαφούς λογικής**

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της χρήσης ασαφών μοντέλων σε συστήματα στήριξης αποφάσεων και έμπειρα συστήματα είναι τα ακόλουθα:

- Ικανότητα μοντελοποίησης ιδιαίτερα πολύπλοκων επιχειρηματικών προβλημάτων  
Καθώς τα ασαφή συστήματα προσφέρουν γενικευμένες προσεγγίσεις και είναι κατάλληλα για τη μοντελοποίηση πολύπλοκων προβλημάτων, έχουν την ικανότητα να προσεγγίζουν τη συμπεριφορά συστημάτων που διαθέτουν έναν αριθμό ελάχιστα γνωστών χαρακτηριστικών. Η ικανότητά τους να επεξηγούν τη συλλογιστική τους, προσφέρει έναν ιδανικό τρόπο αντιμετώπισης αυτών των προβλημάτων.
- Βελτιωμένη γνωστική μοντελοποίηση έμπειρων συστημάτων  
Τα ασαφή συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα άμεσης κωδικοποίησης της γνώσης με τρόπο παρόμοιο με εκείνο που αντιμετωπίζεται η διαδικασία απόφασης.
- Ικανότητα μοντελοποίησης συστημάτων που εμπλέκουν πολλούς ειδικούς

Τα ασαφή συστήματα είναι κατάλληλα να αναπαραστήσουν πολλούς συνεργαζόμενους ακόμη και διαφωνούντες ειδικούς.

- ο Μειωμένη πολυπλοκότητα μοντέλου

Καθώς τα ασαφή συστήματα απαιτούν λιγότερους κανόνες από τα παραδοσιακά συστήματα και αυτοί οι κανόνες βρίσκονται πιο κοντά στον τρόπο που εκφράζουμε τη γνώση στη φυσική γλώσσα, αφενός μπορούν να τροποποιηθούν με λιγότερα παραγόμενα λάθη και αφετέρου τα λογικά ή δομικά προβλήματα μπορούν να εντοπιστούν και να επιλυθούν σε μικρό χρονικό διάστημα.

- ο Βελτιωμένος χειρισμός αβεβαιότητας και πιθανοτήτων

Η ασαφής λογική προσφέρει μια καλύτερη, πιο συνεπή και μαθηματικά ορθότερη μέθοδο χειρισμού της αβεβαιότητας, παρόλο που αναπαριστά την αβεβαιότητα και την ανακρίβεια ως ένα ενδογενές κομμάτι του μοντέλου, καθώς και οι δυο αυτές εναλλακτικές προσεγγίσεις βασίζονται στην ανάθεση τιμών αβεβαιότητας έξω από το μοντέλο καθ' αυτό. (Χατζηνικολάου Ε, Χατζηχρήστος Θ.)

### 3.4 Βασικά χαρακτηριστικά της ασαφούς λογικής

Η ασαφής λογική είναι ένας μετρητής της συμβατότητας μιας έννοιας με τα στιγμιότυπα αυτής. Περιγράφει τα χαρακτηριστικά της έννοιας, στα οποία και δίνει διαβαθμιζόμενες τιμές, ενώ αποδίδει ετικέτες με συγκεκριμένο σημασιολογικό περιεχόμενο σε κομμάτια αυτών των τιμών.

#### 3.4.1 Ασαφή σύνολα

Ο παραδοσιακός ορισμός των συνόλων βασίζεται στο νόμο της διχοτομίας, ένα σημείο ανήκει ή δεν ανήκει σε ένα σύνολο, δηλαδή είναι εκτός συνόλου. Τα ασαφή σύνολα «σπάνε» σε κάποιο βαθμό το νόμο της διχοτομίας. Στοιχεία ανήκουν μερικώς σε κάποιο ασαφές σύνολο, ή μπορούν να ανήκουν σε περισσότερα του ενός συνόλου.

Ένα ασαφές σύνολο  $F$ , υποσύνολο του συνόλου  $S$  ορίζεται ως η αντιστοίχιση των στοιχείων του  $S$  στα στοιχεία του συνεχούς κλειστού συνόλου  $[0,1]$ , με ακριβώς ένα διατεταγμένο ζευγάρι για κάθε στοιχείο του  $S$ . Η τιμή 0 σημαίνει πως το συγκεκριμένο στοιχείο δε συμπεριλαμβάνεται στο σύνολο, η τιμή 1 σημαίνει πως το στοιχείο είναι απολύτως αντιπροσωπευτικό του συνόλου, ενώ ενδιάμεσες τιμές αναπαριστούν ποικίλους βαθμούς συμμετοχής. Το σύνολο  $S$  αναφέρεται και ως «πεδίο αναφοράς» του ασαφούς συνόλου  $F$ , ενώ συχνά η αντιστοίχιση θεωρείται μια συνάρτηση που ονομάζεται *συνάρτηση συμμετοχής* του  $F$ . Ο βαθμός στον οποίο η δήλωση:

*το  $x$  ανήκει στο  $F$*

είναι αληθής, καθορίζεται από το διατεταγμένο ζευγάρι, το πρώτο στοιχείο του οποίου είναι το  $x$ . Ο βαθμός αλήθειας της δήλωσης είναι το δεύτερο στοιχείο του ζευγαριού. Στην πράξη, οι όροι συνάρτηση συμμετοχής και ασαφές σύνολο χρησιμοποιούνται εναλλακτικά.

### **3.4.2 Ασαφείς αριθμοί**

Ασαφής αριθμός είναι ένα κυρτό, ασαφές σύνολο, κανονικοποιημένο στο διάστημα  $[0,1]$  του συνόλου των πραγματικών αριθμών. Υπάρχει ένα μόνο στοιχείο με βαθμό συμμετοχής 1. Η συνάρτηση του ασαφούς αυτού συνόλου είναι συμμετοχής και μπορεί να λάβει οποιαδήποτε μορφή.

## **3.5 Ασαφή συστήματα**

Στην επίλυση ενός προβλήματος με τη χρήση της λογικής της ασάφειας χρησιμοποιούνται τα ασαφή σύνολα και οι λεκτικές μεταβλητές για να αποδώσουν την ανθρώπινη γνώση. Τα βασικά στοιχεία ενός ασαφούς συστήματος και τα οποία περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια, είναι τα ακόλουθα:

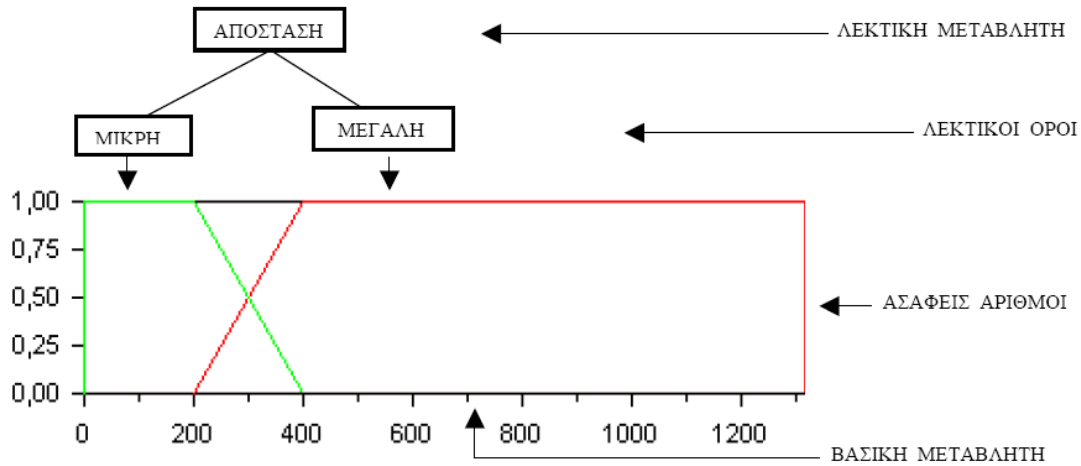
- Ασαφοποίηση των δεδομένων εισόδου
- Ανάπτυξη των κανόνων
- Επεξεργασία των κανόνων
- Απασαφοποίηση των αποτελεσμάτων

### **3.5.1 Ασαφοποίηση των δεδομένων εισόδου**

Ασαφοποίηση καλείται η διαδικασία μετατροπής των αρχικών αριθμητικών τιμών των μεταβλητών σε λεκτικές μεταβλητές (linguistic variables - οι εκφράσεις των οποίων είναι ασαφείς αριθμοί δηλαδή ασαφή σύνολα ορισμένα σε ένα διάστημα, τα οποία αναπαριστούν γλωσσικούς όρους όπως μικρό, μέσο, μεγάλο κ.λ.π.,) με τη βοήθεια των συναρτήσεων συμμετοχής. Οι αριθμοί που αντιστοιχούν στις μεταβλητές, αντικαθίστανται από λεκτικούς όρους (terms) και δημιουργούνται συναρτήσεις συμμετοχής αντίστοιχα για κάθε κριτήριο. Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζονται οι υποκλάσεις και η μεταξύ τους επικάλυψη, καθώς και η χρησιμοποιούμενη συνάρτηση.

Οι συναρτήσεις συμμετοχής των ασαφών αριθμών παίρνουν σίγουρα την τιμή 1 σε ένα σημείο ή το πολύ σε ένα διάστημα. Αριστερά του διαστήματος αυτού είναι αύξουσες και δεξιά φθίνουσες. Με τη βοήθεια των λεκτικών μεταβλητών διαμερίζουμε τα διαστήματα των τομών με ασαφή

τρόπο και προσεγγίζουμε τη συνάρτηση του συστήματος. Για παράδειγμα η μεταβλητή – κριτήριο απόσταση από αρχαιολογικούς χώρους μπορεί να προσεγγιστεί από τη συνάρτηση συμμετοχής τραπεζοειδούς μορφής, η οποία απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1.



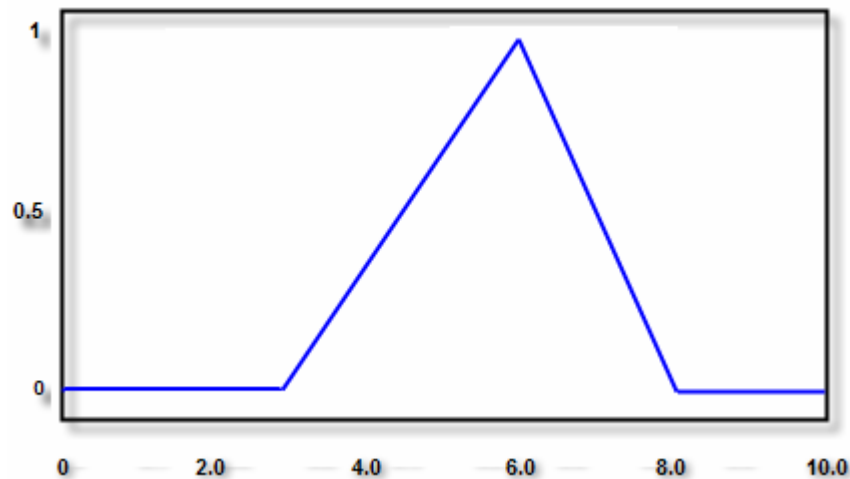
**Σχήμα 3.1:** Παράδειγμα λεκτικής μεταβλητής: απόσταση από αρχαιολογικούς χώρους.

Υπάρχουν ωστόσο κάποιες μορφές συναρτήσεων συμμετοχής οι οποίες εφαρμόζονται με μεγάλη συχνότητα στις διάφορες εφαρμογές και αποτελούν κατά κάποιο τρόπο τις πρώτες επιλογές των ερευνητών στην απεικόνιση φυσικών προβλημάτων. Τέτοιες συναρτήσεις συμμετοχής είναι:

Η **τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής**. Η μαθηματική έκφραση της συνάρτησης αποδίδεται από την ακόλουθη σχέση. Στη σχέση αυτή  $a, b$ , και  $c$  είναι οι κορυφές το τριγώνου.

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x-a)/(b-a), & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b), & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

Στη σχέση αυτή  $a, b$ , και  $c$  είναι οι κορυφές το τριγώνου. Το Σχήμα 3.2 αποτελεί παράδειγμα τριγωνικής συνάρτησης συμμετοχής για  $a=3$ ,  $b=6$  και  $c=8$ .



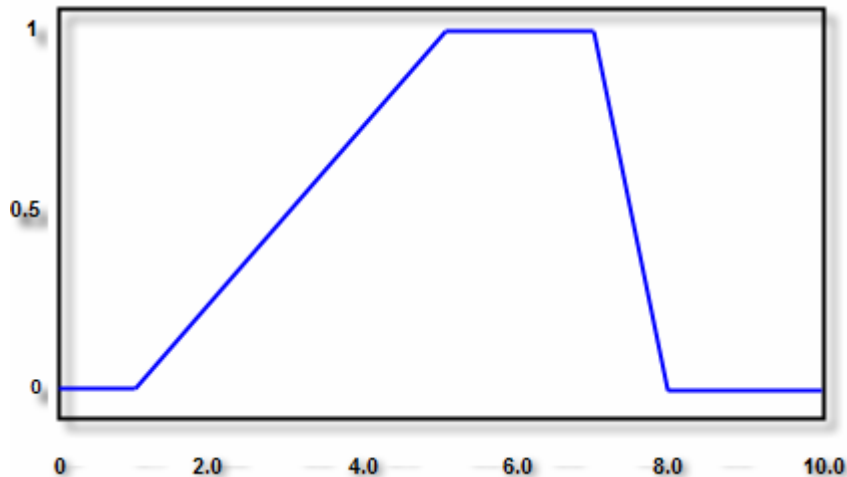
**Σχήμα 3.2:** Υπόδειγμα τριγωνικής συνάρτησης συμμετοχής

Στην τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής επισημαίνεται η εύκολη και απλή απεικόνιση εκτιμήσεων τριών σημείων (μικρή, μεσαία, μεγάλη πιθανότητα). Μεταξύ των ακραίων τιμών και της αναμενόμενης, οι υπόλοιπες τιμές αποτελούν ενδιάμεσες καταστάσεις που υποδεικνύουν την απόκλιση από τις εκτιμήσεις, πάντα όμως, μέσα στο εύρος τιμών που ορίζονται από τα τρία σημεία. (Ι. Ξενίδης, 2006)

Η **τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής**. Η μαθηματική έκφραση της συνάρτησης αποδίδεται από την ακόλουθη σχέση.

$$f(x,a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x-a)/(b-a), & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c), & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$

Στη σχέση αυτή  $a, b, c$  και  $d$  είναι οι κορυφές του τραπεζίου. Το Σχήμα 3.3. αποτελεί παράδειγμα τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής.



**Σχήμα 3.2:** Υπόδειγμα τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής

Στην τραπεζοειδή συνάρτηση συμμετοχής, η πιθανότητα εμφάνισης απεικονίζεται στη βάση της εκτίμησης δυο διαστημάτων, εκείνου που ορίζει το εύρος του συνόλου των ενδεχομένων (μεγάλη πλευρά τραπεζίου) και εκείνου που ορίζει το εύρος των πλέον αναμενόμενων ενδεχομένων (μικρή πλευρά τραπεζίου) [Ross, 1995]. Οι υπόλοιπες πλευρές, όπως και στην τριγωνική συνάρτηση, αποτελούν ενδιάμεσες καταστάσεις που υποδεικνύουν την απόκλιση από τις εκτιμήσεις (Ι. Ξενίδης, 2006)

Απαραίτητος για να οριστεί πλήρως το ασαφές σύστημα είναι ο προσδιορισμός κατάλληλων όρων, οι λεγόμενοι λεκτικοί συμβολισμοί (linguistic symbols), για το χαρακτηρισμό των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας των δεδομένων.

Η απόδοση της συνάρτησης συμμετοχής αποτελεί μια υποκειμενική διαδικασία η οποία αντικατοπτρίζει τη γνώση ενός ή περισσοτέρων ειδικών, μπορεί δε να υποβοηθηθεί από διάφορες μεθόδους όπως: η μέθοδος του μέσου όρου, η μέθοδος της απόστασης, η μέθοδος της διαίσθησης, η μέθοδος της ψήφου, η μέθοδος της σχετικής προτίμησης και η δελφική μέθοδος.

### 3.5.2 Κατασκευή κανόνων

Τη διαδικασία της ασαφοποίησης ακολουθεί η κατασκευή κανόνων οι οποίοι συνδέουν την είσοδο με την έξοδο (τα αποτελέσματα) και αντιπροσωπεύουν τη γνώση των ειδικών. Ουσιαστικά, συνδέουν τις λεκτικές μεταβλητές κάθε μεταβλητής - κριτηρίου (πχ. απόσταση από αρχαιολογικούς χώρους) με το υποσύνολο του λεκτικού συμβολισμού (χαμηλή ή υψηλή καταλληλότητα), αποδίδοντας τη βεβαιότητα καθορισμού του κανόνα.



Το ποσοστό βεβαιότητας αναφέρεται στο πόσο σημαντικός είναι ο κάθε κανόνας για την εκπλήρωσή του, καθώς επίσης αναφέρεται και στη σχετική σημαντικότητα των επιμέρους λογικών προτάσεων από τις οποίες αποτελείται. Το ποσοστό βεβαιότητας του κάθε κανόνα, καθορίζεται επίσης από ειδικούς με γενικές γνώσεις στο συγκεκριμένο πεδίο.

Ουσιαστικά η γνώση για ένα σύστημα αντιπροσωπεύεται από ένα σύνολο κανόνων. Οι κανόνες βασίζονται στη λογική του

*«Εάν λεκτική μεταβλητή – λεκτικός όρος... τότε λεκτικός συμβολικός με ποσοστό».*

Για παράδειγμα εάν το εξαγόμενο σύνολο είναι η «καταλληλότητα» και έχει δύο υποσύνολα, «χαμηλή» και «υψηλή» και οι μεταβλητές εισόδου είναι «απόσταση από αρχαιολογικούς χώρους», ο κανόνας θα είναι της μορφής:

*«Εάν η απόσταση από αρχαιολογικούς χώρους είναι μεγάλη, τότε η καταλληλότητα είναι χαμηλή με βεβαιότητα 70%»*

### **3.5.3 Επεξεργασία των κανόνων**

Το στάδιο της δημιουργίας των κανόνων, διαδέχεται η επεξεργασία τους η οποία ονομάζεται και εξαγωγή συμπεράσματος (inference). Αφορά στη διαδικασία εξαγωγής του αποτελέσματος μέσα από την υπάρχουσα γνώση, όπως αυτή εκφράζεται στους κανόνες.

Η διαδικασία αξιολόγησης των κανόνων σε ένα ασαφές σύστημα περιλαμβάνει τρία στάδια: τη συσσώρευση (aggregation), τη σημαντικότητα (implication) και τη συγκέντρωση (accumulation).

Η συσσώρευση περιλαμβάνει την αξιολόγηση της εκπλήρωσης συνολικά του κάθε κανόνα, με βάση την εκπλήρωση κάθε μεταβλητής του. Συνήθως, αντιστοιχεί στο λογικό AND, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι τελεστές, όπως: το λογικό OR, το αλγεβρικό γινόμενο (Algebraic Product), ο τελεστής  $\gamma$  (Gamma) κλπ. Η επιλογή του τελεστή εξαρτάται από το εκάστοτε πρόβλημα. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η λεκτική ερμηνεία του κάθε τελεστή πριν την επιλογή τους.

Στο επόμενο στάδιο της σημαντικότητας, υπολογίζεται η βεβαιότητα για το σύνολο των κανόνων, με βάση τις βεβαιότητες του κάθε κανόνα χωριστά. Αυτό το βήμα αποδίδει το συμπέρασμα των κανόνων της λογικής μορφής «Εάν A τότε B». Η μέγιστη βεβαιότητα είναι ίση

με τη μονάδα και αντιστοιχεί σε ένα σίγουρο αποτέλεσμα, πράγμα συνήθως σπάνιο. Έτσι, το στάδιο αυτό συνδέει τα ποσοστά βεβαιότητας του κάθε κανόνα με τον τελικό βαθμό εκπλήρωσής του. Διάφοροι τελεστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό. Οι συνηθέστεροι τελεστές που χρησιμοποιούνται είναι η τομή και το αλγεβρικό γινόμενο. Αυτό διασφαλίζει βαθμό εκπλήρωσης πάντα μικρότερο της μονάδας.

Σε ένα ασαφές σύστημα, συχνά, περισσότεροι από ένας κανόνες μπορούν να οδηγήσουν στο ίδιο αποτέλεσμα με διαφορετικούς βαθμούς εκπλήρωσης. Τελικά, με τη διαδικασία της συγκέντρωσης, η οποία αντιστοιχεί στο λογικό OR, επιλέγεται ένας μόνο βαθμός εκπλήρωσης. Οι συνηθέστεροι τελεστές για τη διαδικασία της συγκέντρωσης είναι η ένωση και το αλγεβρικό άθροισμα.

### **3.5.4 Απασαφοποίηση**

Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των κανόνων είναι μια λεκτική μεταβλητή με συμμετοχές σε δύο υποκλάσεις. Τα θεματικά επίπεδα που δημιουργούνται είναι ισάριθμα των υποκλάσεων.

Απασαφοποίηση καλείται η διαδικασία μετατροπής τόσο για διαχειριστικούς όσο και για λόγους οπτικοποίησης του συνόλου των αποτελεσμάτων σε μια αριθμητική τιμή, σε μία υποκλάση, σε ένα θεματικό επίπεδο.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για να πραγματοποιηθεί η απασαφοποίηση όπως της μέγιστης τιμής, του μέσου όρου των μέγιστων τιμών, του κέντρου βάρους κ.λπ (Βεζδεκ, 1981) και μέσω του υπολογισμού του δείκτη μέγιστης αλλαγής (P. Burrrough).

Η πιο απλή μέθοδος και αυτή που χρησιμοποιείται τις περισσότερες φορές είναι η μέθοδος της μέγιστης τιμής.

Έχοντας πλέον μια σαφή εικόνα, τόσο της λογικής της ασάφειας και των επιμέρους διαδικασιών για την υλοποίησή της, όσο της σκοπιμότητάς της στην αντιμετώπιση σύνθετων χωρικών αναλύσεων, ακολουθεί η περιγραφή της εφαρμογής της εν λόγω μεθόδου στα πλαίσια ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών. Επιπλέον, παρατίθενται και αναλύονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής.

## 4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ

### Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση του πρακτικού μέρους της εν λόγω εργασίας, το οποίο και αφορά στην χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου στο Νομό Φωκίδας με χρήση της λογικής της ασάφειας στα πλαίσια ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Καταγράφονται αναλυτικά, οι επιμέρους φάσεις υλοποίησης της εφαρμογής, και στο τέλος του κεφαλαίου παρατίθενται και αναλύονται διεξοδικά τα αποτελέσματά της.

Κύριο γνώμονα για την επιλογή του Νομού Φωκίδας ως περιοχή μελέτης αποτέλεσε το έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον μονάδων αιολικής ενέργειας στον συγκεκριμένο νομό, όπως άλλωστε σε όλους τους νομούς της ορεινής ηπειρωτικής χώρας. Στην επιλογή της περιοχής μελέτης συνέβαλε επίσης η διαθεσιμότητα δεδομένων και η καλή γνώση της περιοχής η οποία είναι χρήσιμη στο στάδιο της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων.

Το πλαίσιο αντιμετώπισης του υπό μελέτη προβλήματος της χωροθέτησης περιλαμβάνει:

- Προετοιμασία των δεδομένων για εισαγωγή στα ασαφή συστήματα
- Εφαρμογή ανάλυσης με βάση τη λογική της ασάφειας
  - ✓ Ασαφοποίηση
  - ✓ Ανάπτυξη κανόνων
  - ✓ Επεξεργασία κανόνων
  - ✓ Απασαφοποίηση
- Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων με χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών

Για την υλοποίηση των παραπάνω διαδικασιών, έγινε χρήση των λογισμικών πακέτων ArcGIS v.9 και DataEngine v2.1.

### 4.1 Προετοιμασία των δεδομένων για εισαγωγή στα ασαφή συστήματα

#### 4.1.1 Καθορισμός Μεταβλητών

Το σύνολο των μεταβλητών – κριτηρίων που υπεισέρχονται στη χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου αποτελεί συνισταμένη παραμέτρων που αφορούν όχι μόνο στην περιβαλλοντική διάσταση του σχεδιασμού, αλλά και σε θέματα κοινωνικής ευαισθησίας και τήρησης της υπάρχουσας νομοθεσίας με ταυτόχρονη κάλυψη των εκάστοτε οικονομοτεχνικών όρων.

Η επιλογή των μεταβλητών - κριτηρίων για το συγκεκριμένο πρόβλημα χωροθέτησης, βασίστηκε κυρίως στην νομοθεσία που διέπει τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 1. Η Νομοθεσία συνοψίζεται στους κανόνες χωροθέτησης του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α) και στους περιορισμούς και τις προϋποθέσεις χωροθέτησης όπως ορίζονται στην Εντολή του αρ. 2 του Ν.2006 Περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας. Επιπρόσθετα για την επιλογή των μεταβλητών ελήφθησαν υπόψη βιβλιογραφικές αναφορές – έρευνας με αντικείμενο τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων, καθώς και η εμπειρία του ερευνητή σε θέματα προστασίας περιβάλλοντος από την χωροθέτηση έργων και δραστηριοτήτων.

Το σύνολο των μεταβλητών και η περιγραφή τους για την επιλογή της βέλτιστης περιοχής χωροθέτησης συνοψίζεται στα παρακάτω.

<b>Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ)</b>
Είναι οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, που προσδιορίζονται υπό μορφή πίνακα στο Παράρτημα Ι και απεικονίζονται στο Διάγραμμα 1 της παρούσας απόφασης, οι οποίες διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών (ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, αυξημένη ζήτηση εγκατάστασης Α/Γ κλπ), ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από απόψεως επίτευξης των χωροταξικών στόχων (ελεγχόμενη συγκέντρωση των αιολικών εγκαταστάσεων) διότι συγκεντρώνουν τη μεγαλύτερη ζήτηση (αιτήσεις παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας)
<b>Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ)</b>
Είναι ομάδες ή επιμέρους περιοχές πρωτοβάθμιων Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) της ηπειρωτικής χώρας καθώς και μεμονωμένες θέσεις, οι οποίες δεν εμπίπτουν σε ΠΑΠ αλλά διαθέτουν ικανοποιητικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό, και προσφέρονται για το λόγο αυτό για την χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων.
<b>Υφιστάμενα αιολικά Πάρκα</b>
Αιολικά Πάρκα τα οποία έχουν αδειοδοτηθεί και είτε είναι εν λειτουργία ή υπό κατασκευή
<b>Ποσοστό κάλυψης ανά ΟΤΑ</b>
Αποτελεί το ποσοστό της ελεύθερης έκτασης πρωτοβάθμιου ΟΤΑ που δύναται να καλυφθεί από αιολικές εγκαταστάσεις, σύμφωνα με το Άρθρο 7 του Ειδικού Χωροταξικού πλαισίου και την έκταση των αδειοδοτημένων αιολικών πάρκων.
<b>Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους</b>
Αποτελεί αποτύπωση του φυσικού ανάγλυφου της περιοχής

Αρχαιολογικοί Χώροι
Θεσμοθετημένοι Αρχαιολογικοί χώροι
Εθνικοί Δρυμοί
Προστατευόμενες περιοχές οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως Εθνικοί Δρυμοί
Καταφύγια Άγριας Ζωής
Προστατευόμενες περιοχές οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως Καταφύγια Άγριας Ζωής
Περιοχές Natura
Προστατευόμενες περιοχές οι οποίες εντάσσονται στο δίκτυο Natura
Οικισμοί > 2.000 κατοίκων
Περιλαμβάνει τα όρια των οικισμών ή πόλεων με πληθυσμό μεγαλύτερο των 2.000 κατοίκων
Οικισμοί < 2.000 κατοίκων
Περιλαμβάνει τα όρια των οικισμών με πληθυσμό μικρότερο των 2.000 κατοίκων
Παραδοσιακοί Οικισμοί
Περιλαμβάνει τους οικισμούς που έχουν χαρακτηριστεί παραδοσιακοί
Περιοχές Οικιστικής συγκέντρωσης
Περιοχές οργανωμένης δόμησης Α' ή Β' κατοικίας ή και διαμορφωμένες περιοχές Β' κατοικίας
Γη υψηλής παραγωγικότητας
Είναι οι εκτάσεις οι οποίες σύμφωνα με τις χρήσεις γης του Corine είναι αμπελώνες, ελαιώνες, οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώσεις καρπούς
Δάση – Δασικές εκτάσεις
Είναι οι εκτάσεις οι οποίες σύμφωνα με τις χρήσεις γης του Corine είναι δάσος Κωνοφόρων και δάσος Πλατύφυλλων
Γεωργικές Εκτάσεις
Είναι οι εκτάσεις οι οποίες σύμφωνα με τις χρήσεις γης του Corine είναι Γη που καλύπτεται κυρίως από Γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης
Οδικό δίκτυο
Περιλαμβάνει το οδικό δίκτυο οποιαδήποτε κατηγορίας
Δίκτυο ΔΕΗ
Περιλαμβάνει το δίκτυο της ΔΕΗ – Γραμμή μεταφοράς Υψηλής Τάσης
Λίμνες

#### 4.1.2 Συλλογή Δεδομένων

Κάθε μεταβλητή μεταφράστηκε στα αντίστοιχα θεματικά επίπεδα που περιλαμβάνουν την γεωμετρία και την περιγραφική πληροφορία.

Τα δεδομένα – θεματικά επίπεδα περιλαμβάνουν γεωγραφικά δεδομένα σε διανυσματική (vector) δομή. Όσα δεδομένα δεν ήταν διαθέσιμα σε διανυσματική δομή, προέκυψαν από ψηφιοποίηση υποβάθρων διαφόρων κλιμάκων και έχουν δομηθεί σε μορφή shapefile (.shp). Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθεται η προέλευση του κάθε θεματικού επιπέδου, η ονομασία και ο τύπος του, ενώ στη συνέχεια γίνεται αναλυτικότερη περιγραφή της προέλευσής του.

Θεματικό Επίπεδο	Όνομα Επιπέδου	Προέλευση	Κατηγορία οντότητας
Οδικό δίκτυο	Odiko	Χάρτης ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000	Γραμμική
Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους	TIN	Ισούψεις ισοδιάστασης 100μ.	Πολυγωνική
Οικισμοί > 2.000 κατοίκων	Towns2	Χάρτης ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000	Πολυγωνική
Οικισμοί < 2.000 κατοίκων	Towns	Χάρτης ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000	Πολυγωνική
Παραδοσιακοί Οικισμοί	Parados	Χάρτης ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000	Πολυγωνική
Περιοχές Οικιστικής συγκέντρωσης	Pop	Χάρτης ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000	Πολυγωνική
Λίμνες	Limnes	Χάρτης ΓΥΣ κλίμακας 1:250.000	Πολυγωνική
Περιοχές Natura	Natura	Ψηφιακά Δεδομένα του ΥΠΕΧΩΔΕ για το σύνολο των περιοχών Natura – κλίμακα 1:250.000	Πολυγωνική
Γη υψηλής παραγωγικότητας	Kaliergies	Ψηφιακά δεδομένα Corine Land Cover του ΟΚΧΕ – κλίμακα 1:100.000	Πολυγωνική
Δάση – Δασικές εκτάσεις	Dasos	Ψηφιακά δεδομένα Corine Land Cover του ΟΚΧΕ – κλίμακα 1:100.000	Πολυγωνική
Γεωργικές Εκτάσεις	Georgia	Ψηφιακά δεδομένα Corine Land Cover του ΟΚΧΕ – κλίμακα 1:100.000	Πολυγωνική

Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ)	Pap	Παράρτημα Ι – Πίνακας 1 του Ειδικού Χωροταξικού πλαισίου & ψηφιακά δεδομένα Καποδίστριας Κλίμακας 1:50.000	Πολυγωνική
Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ)	Pak	Χάρτης Διαθέσιμου Αιολικού Δυναμικού του ΚΑΠΕ – Κλίμακας 1:250.000.	Πολυγωνική
Υφιστάμενα αιολικά Πάρκα	Parka	Δυναμικός Χάρτη του Υπουργείου Ανάπτυξης	Πολυγωνική
Ποσοστό κάλυψης ανά ΟΤΑ	ΟΤΑ	Άρθρο 7 του Ειδικού Χωροταξικού πλαισίου & ψηφιακά δεδομένα Καποδίστριας - Κλίμακας 1:50.000	Πολυγωνική
Αρχαιολογικοί Χώροι	Arxaia	Χάρτης Διαθέσιμου Αιολικού Δυναμικού του ΚΑΠΕ – Κλίμακας 1:250.000.	Πολυγωνική
Εθνικοί Δρυμοί	Drimoi	Χάρτες Προστατευόμενων Περιοχών του ΕΚΒΥ – Κλίμακας 1:250.000	Πολυγωνική
Καταφύγια Άγριας Ζωής	Katafigia	Χάρτες Προστατευόμενων Περιοχών του ΕΚΒΥ – Κλίμακας 1:250.000	Πολυγωνική
Δίκτυο ΔΕΗ	DEH	Χάρτης Διαθέσιμου Αιολικού Δυναμικού του ΚΑΠΕ – Κλίμακας 1:250.000.Κλίμακας 1:250.000	Γραμμική

Όλα τα θεματικά επίπεδα έχουν κοινό προβολικό σύστημα και συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το ΕΓΣΑ 87.

Πιο συγκεκριμένα, το οδικό δίκτυο, Οικισμοί > 2.000 κατοίκων, Οικισμοί < 2.000 κατοίκων, Παραδοσιακοί Οικισμοί, Περιοχές Οικιστικής συγκέντρωσης, Λίμνες, Αρχαιολογικοί Χώροι, Εθνικοί Δρυμοί, Καταφύγια Άγριας Ζωής, Υφιστάμενα αιολικά Πάρκα, Δίκτυο ΔΕΗ προήλθαν από ψηφιοποίηση από τους αντίστοιχους χάρτες.

Το θεματικό επίπεδο Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ), προήλθε από ψηφιοποίηση των περιοχών αιολικού δυναμικού οι οποίες βρίσκονται εκτός ΠΑΠ από το χάρτη Διαθέσιμου Αιολικού Δυναμικού του ΚΑΠΕ – Κλίμακας 1:250.000. Στη συνέχεια, στη βάση δεδομένων δημιουργήθηκε πεδίο αιολικό δυναμικό το οποίο περιλαμβάνει την κατηγοριοποίηση των περιοχών ανάλογα με το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό σε:

0: καθόλου αιολικό δυναμικό – δεν υπάρχει

1: 6-7m/sec

2: 7-8m/sec

3: 8-9m/sec

Για το θεματικό επίπεδο Ποσοστό κάλυψης ανά ΟΤΑ έγινε υπολογισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου ποσοστού κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις στους πρωτοβάθμιους ΟΤΑ σύμφωνα με το Άρθρο 7 του Ειδικού Χωροταξικού πλαισίου. Αφαιρέθηκε η έκταση που καταλαμβάνουν τα υφιστάμενα αιολικά πάρκα και υπολογίστηκε το ποσοστό της ελεύθερης έκτασης που δύναται να καλυφθεί. Στη βάση δεδομένων δημιουργήθηκε το πεδίο con που περιλαμβάνει το ελεύθερο ποσοστό κάλυψης (%) και παίρνει τιμές 0,1,2,5,6,7,8

Το θεματικό επίπεδο Περιοχές Natura προήλθε από επιλογή των περιοχών που χωροθετούνται στον νομό Φωκίδας από τα Ψηφιακά Δεδομένα του ΥΠΕΧΩΔΕ για το σύνολο των περιοχών Natura – κλίμακα 1:250.000

Το θεματικό επίπεδο Γη υψηλής παραγωγικότητας προήλθε από επιλογή των περιοχών με κωδικό 221 – Αμπελώνες, 223 – Ελαιώνες, 222 – Οπωροφόρα Δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς που χωροθετούνται στον νομό Φωκίδας από τα Ψηφιακά δεδομένα Corine Land Cover του ΟΚΧΕ – κλίμακα 1:100.000

Το θεματικό επίπεδο Δάση – Δασικές εκτάσεις προήλθε από επιλογή των περιοχών με κωδικό 312 - Δάσος Κωνοφόρων και 311 - Δάσος Πλατύφυλλων που χωροθετούνται στον νομό Φωκίδας από τα Ψηφιακά δεδομένα Corine Land Cover του ΟΚΧΕ – κλίμακα 1:100.000.

Το θεματικό επίπεδο Γεωργικές Εκτάσεις προήλθε από επιλογή των περιοχών με κωδικό 243 – Γη που καλύπτεται από γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης που χωροθετούνται στον νομό Φωκίδας από τα Ψηφιακά δεδομένα Corine Land Cover του ΟΚΧΕ – κλίμακα 1:100.000

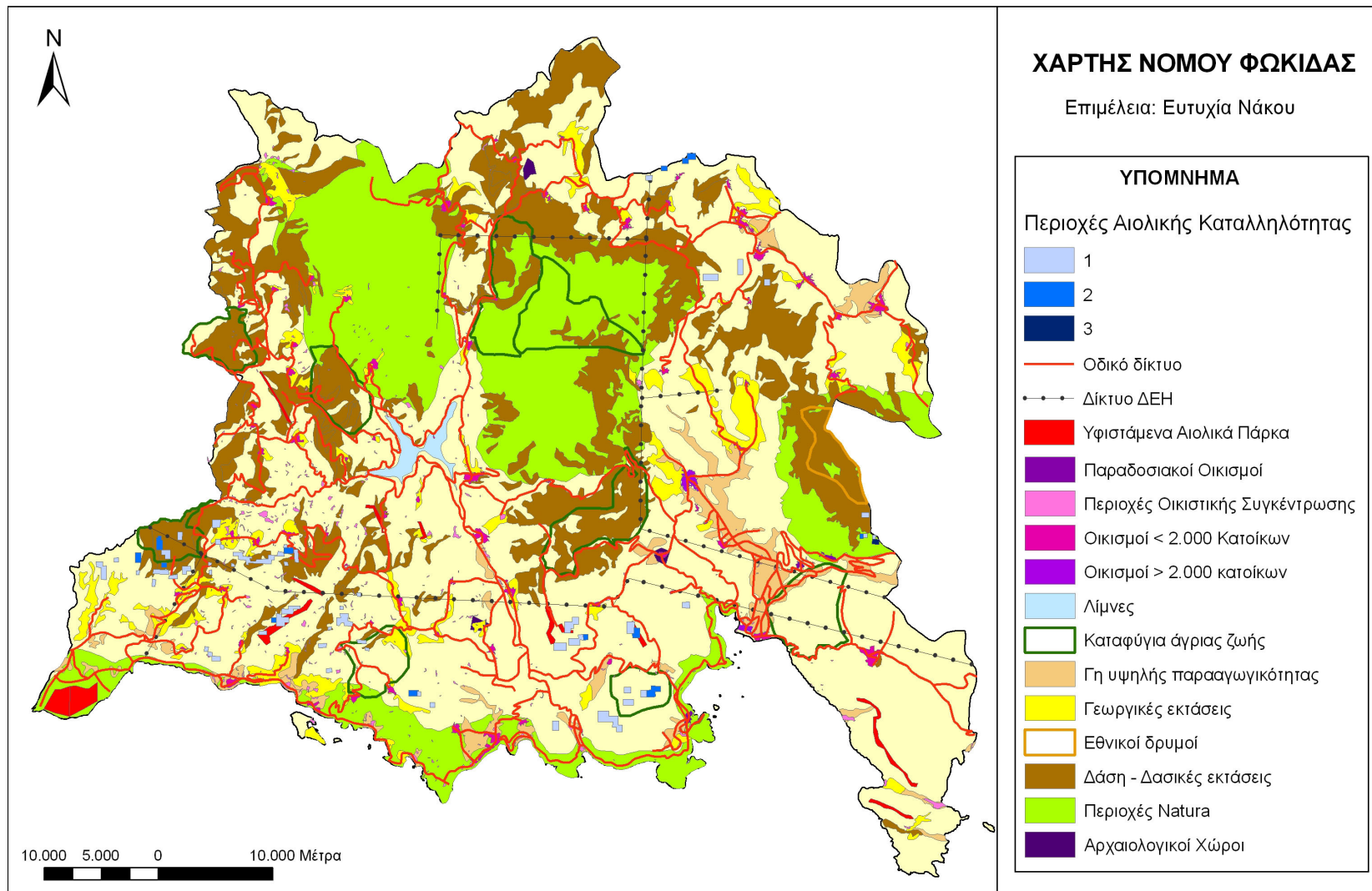


Το θεματικό επίπεδο Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ) προήλθε από επιλογή των ΟΤΑ του Νομού Φωκίδας που αναφέρονται στο Παράρτημα Ι – Πίνακας 1 του Ειδικού Χωροταξικού πλαισίου.

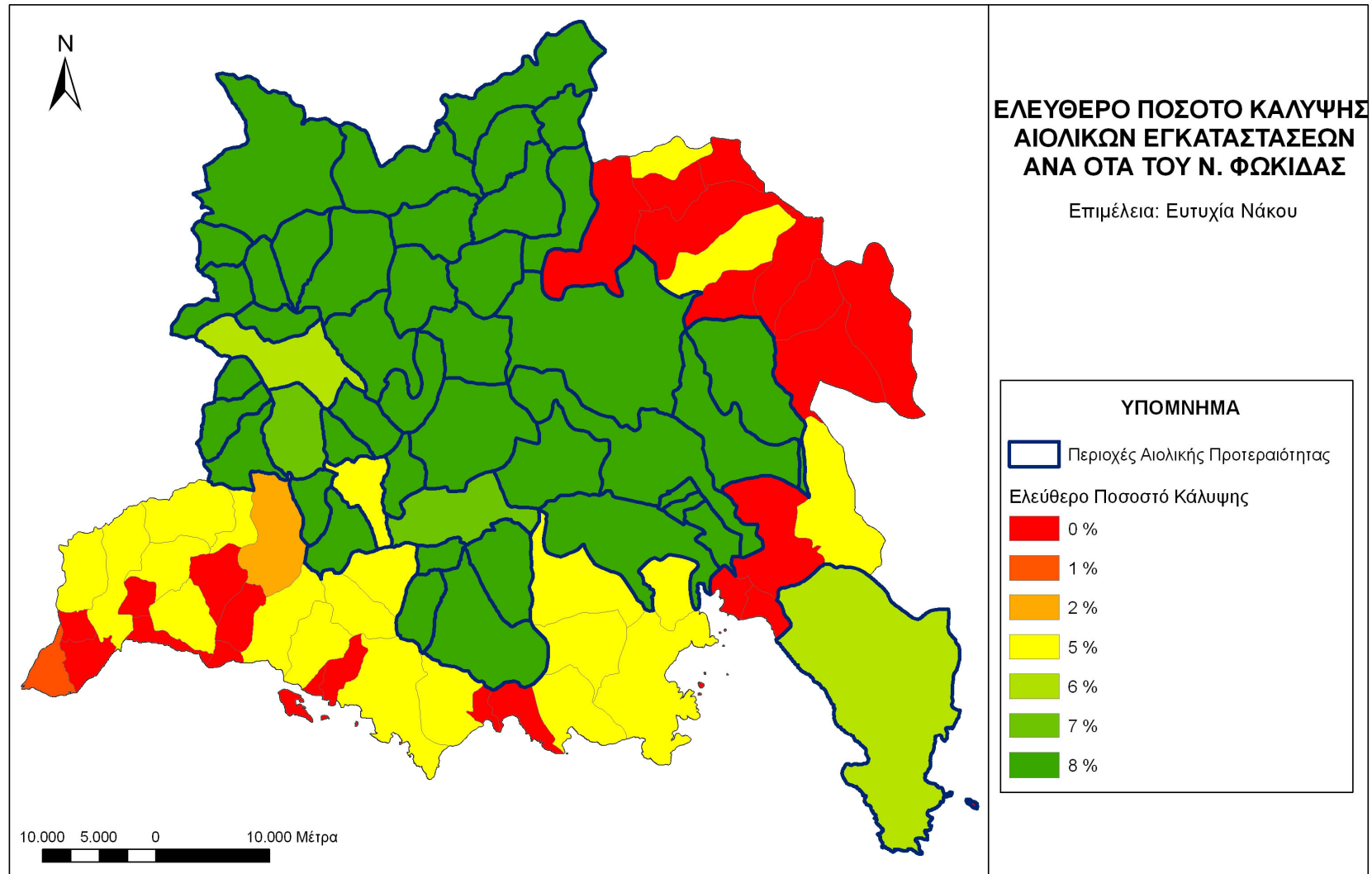
Το θεματικό επίπεδο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους προήλθε από Ισούψεις ισοδιάστασης 100μ.

Το σύνολο των δεδομένων εισήχθη στο περιβάλλον του ArcMap και δημιουργήθηκε χάρτης της περιοχής μελέτης ο οποίος και παρατίθεται στη συνέχεια (*χάρτης 4.1*).

Για λόγους οπτικοποίησης του θεματικού επιπέδου οτα δημιουργήθηκε ένας επιπλέον χάρτης βάσει του πεδίου con του πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών του θεματικού επιπέδου ΟΤΑ. Ο συντελεστής con αποτελεί δείκτη καταλληλότητας χωροθέτησης με βάση τη μέγιστη επιτρεπόμενη πυκνότητα αιολικών εγκαταστάσεων σε επίπεδο πρωτοβάθμιου ΟΤΑ. Αποτελεί το ποσοστό της επιφάνειας του ΟΤΑ που μπορεί να καλυφθεί από αιολικό πάρκο συνδυάζοντας δύο παραμέτρους, το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης και το ήδη καλυμμένο ποσοστό. Οι 7 κατηγορίες που διαμορφώθηκαν απεικονίζονται στο χάρτη ποσοστό κάλυψης αιολικών εγκαταστάσεων που δημιουργήθηκε (*χάρτης 4.2*). Για λόγους οπτικοποίησης των δεδομένων στον χάρτη 2, περιλαμβάνονται και οι περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας.



**Χάρτης 4.1:** Περιοχή μελέτης



**Χάρτης 4.2:** Ποσοστό κάλυψης αιολικών εγκαταστάσεων.

#### 4.1.3 Μετατροπή των δεδομένων σε ψηφιδωτή δομή (raster)

Τα γεωγραφικά δεδομένα, τα οποία ουσιαστικά αντιστοιχούν στα κριτήρια χωροθέτησης είναι σε διανυσματική (vector) δομή. Για την εισαγωγή τους στο Ασαφές Σύστημα, μετατράπηκαν σε ψηφιδωτή δομή (raster). Η μετατροπή των δεδομένων από τη διανυσματική στην ψηφιδωτή δομή, πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του ArcMap μέσω του εργαλείου Convert Features to Raster του Spatial Analyst.

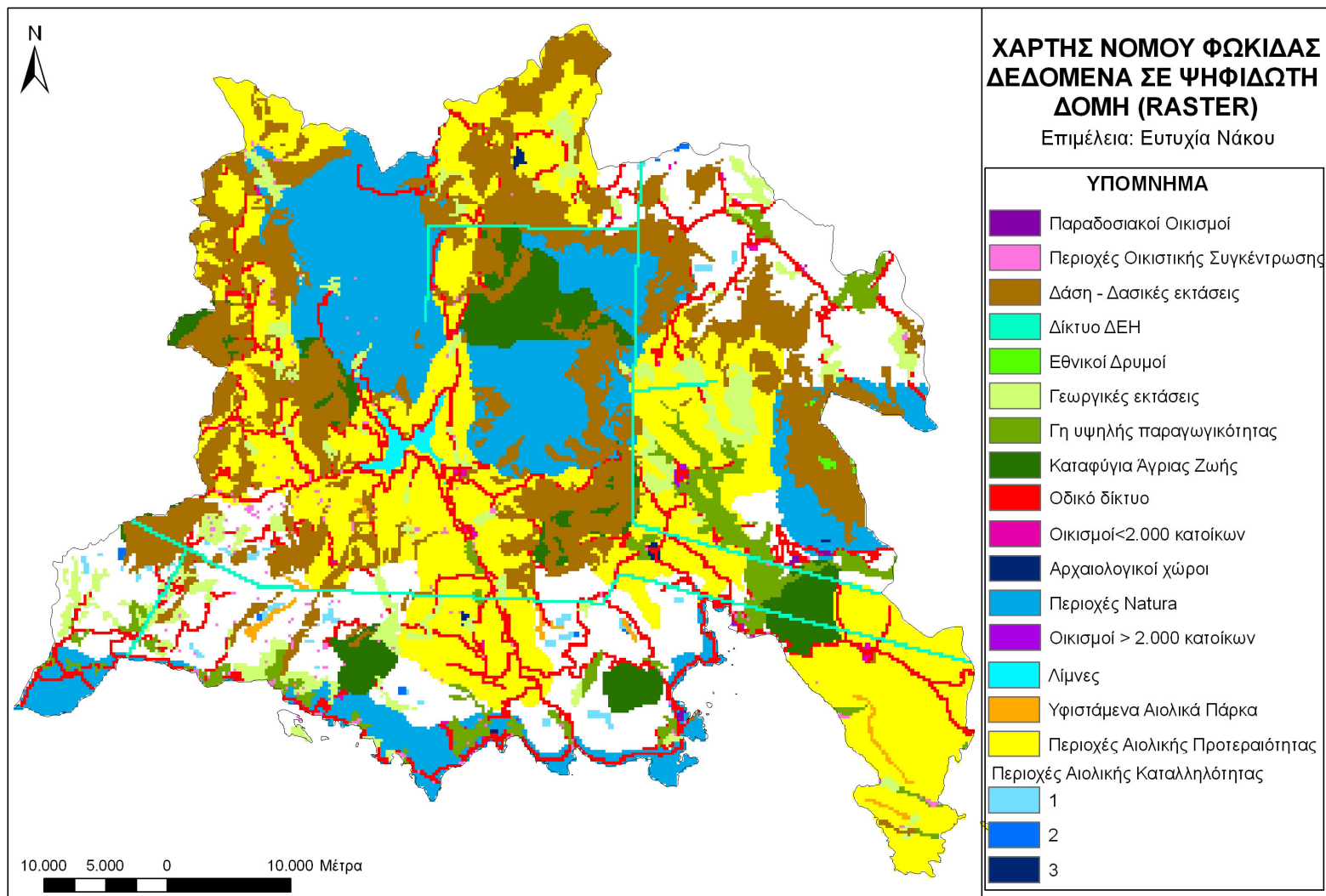
Στο παράθυρο εκτέλεσης της μετατροπής, χρειάστηκε να οριστεί ένα πεδίο από τον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών του κάθε θεματικού επιπέδου, οι τιμές του οποίου χρησιμοποιούνται για την απόδοση τιμών στα φαντρία του παραγόμενου raster αρχείου.

Για θεματικά επίπεδα, τα οποία δεν έχουν κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό που επιθυμείται να διατηρηθεί στα raster αρχεία, ως πεδίο ορίστηκε η στήλη ID, οι τιμές της οποίας είναι κοινές για όλα τα στοιχεία κάθε επιπέδου. Για τα θεματικά επίπεδα οτα, Pak, Dymaniko προκειμένου στα φαντρία του αντίστοιχου καννάβου (grid) να αποδοθούν οι τιμές του βαθμού καταλληλότητας ως πεδίο ορίστηκε η στήλη con για το οτα και aiol\_dyn για τα υπόλοιπα.

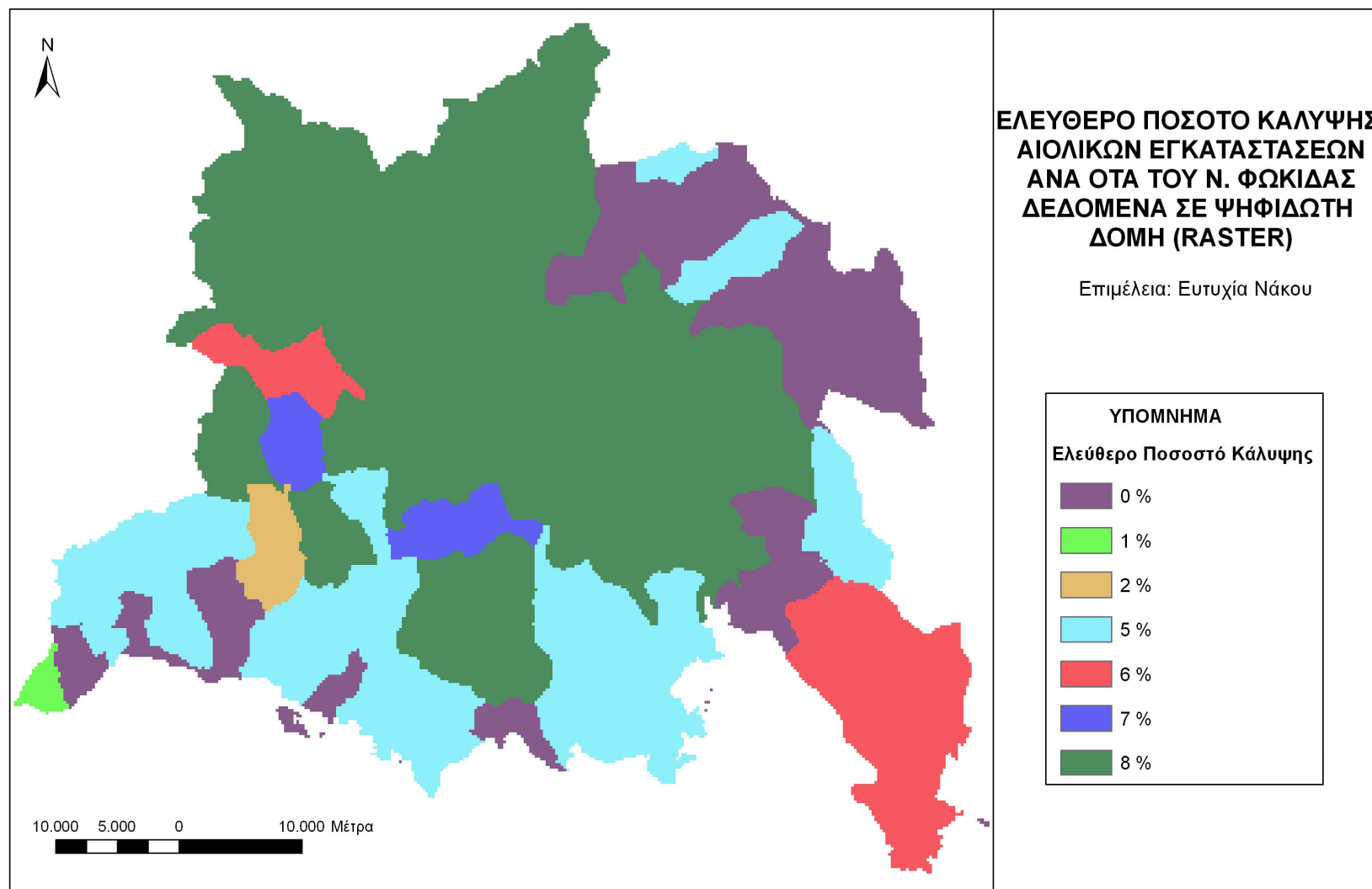
Η μετατροπή του θεματικού επιπέδου του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους από τη διανυσματική (TIN) στην ψηφιδωτή δομή (GRID), πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του ArcMap μέσω του εργαλείου Convert TIN to Raster του 3D Analyst.

Παράλληλα, χρειάστηκε να καθοριστεί το μέγεθος του φαντίου (cell size). Η επιλογή του μεγέθους του φαντίου αποτελεί μια κρίσιμη απόφαση διότι, μικρό μέγεθος φαντίου επιφέρει υπερφόρτωση του αποθηκευτικού χώρου και καθιστά χρονοβόρες τις χωρικές αναλύσεις. Το μέγεθος του φαντίου θα έπρεπε να είναι ίσο με τη διακριτική ικανότητα του ματιού (1/4 του χιλιοστού) ανοιγμένη στην κλίμακα συλλογής των δεδομένων (Μικρότερη κλίμακα 1: 250.000), δηλαδή θα έπρεπε να ισούται με 62,5 μέτρα περίπου. Αρχικά επιλέχθηκε να είναι 100 μέτρα. Καθώς το μικρό μέγεθος φαντίου (100 μέτρα) δημιούργησε πρόβλημα στην μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων στο περιβάλλον του excel, λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων, ο οποίος ήταν αδύνατο να εξαχθεί εξολοκλήρου στη συγκεκριμένη μορφή αρχείου., το μέγεθος του φαντίου που τελικά επιλέχθηκε είναι 200 μέτρα.

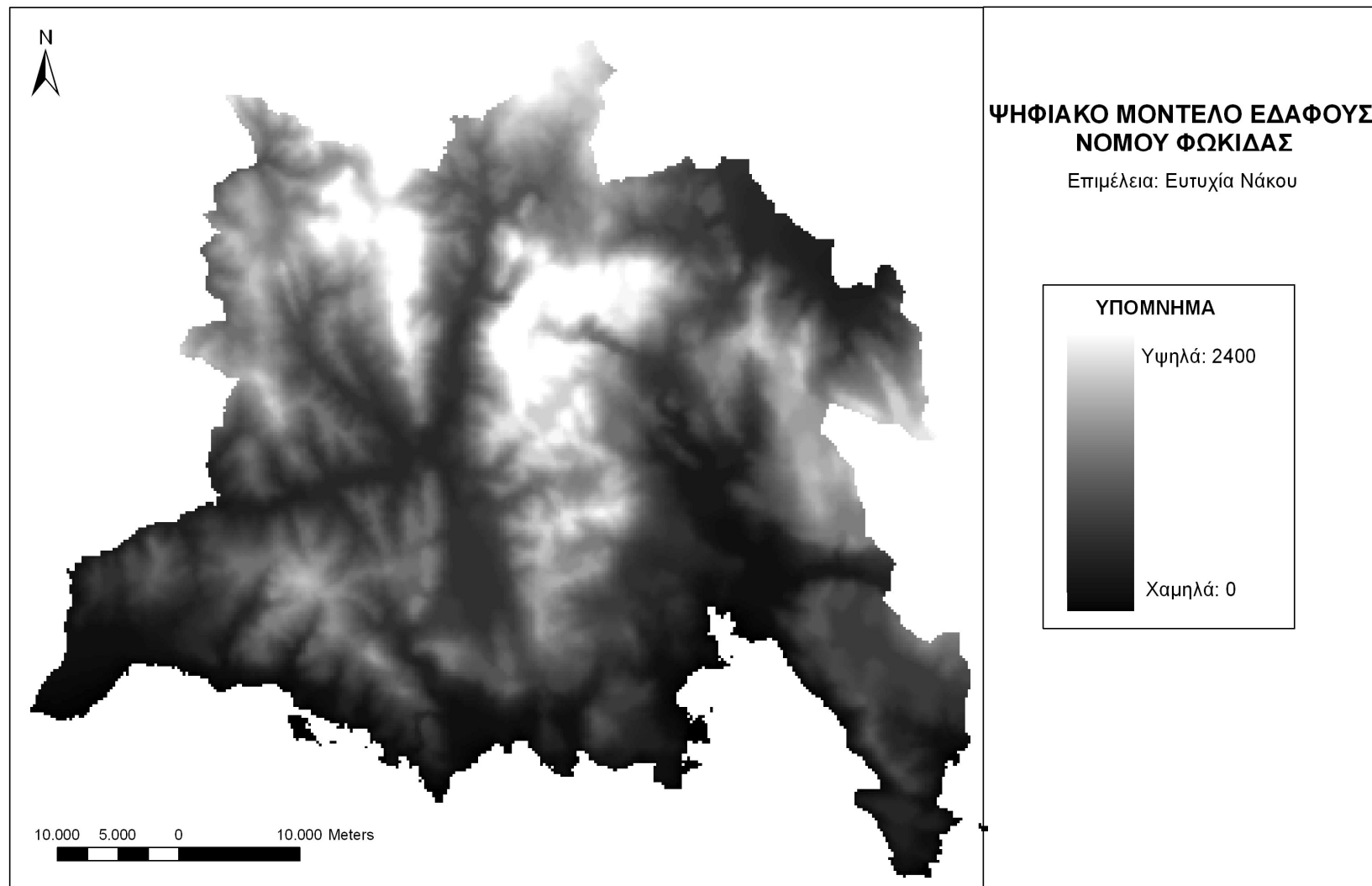
Τα κανονικοποιημένα σύνολα δεδομένων (raster) εισήχθησαν στο ArcMap και απεικονίζονται στους *Χάρτες 4.3 -4.5*.



**Χάρτης 4.3:** Οπτικοποίηση των δεδομένων ψηφιδωτής δομής (raster)



**Χάρτης 4.4:** Οπτικοποίηση των δεδομένων ψηφιδωτής δομής (raster) του Ελεύθερου Ποσοστού Κάλυψης ανά ΟΤΑ

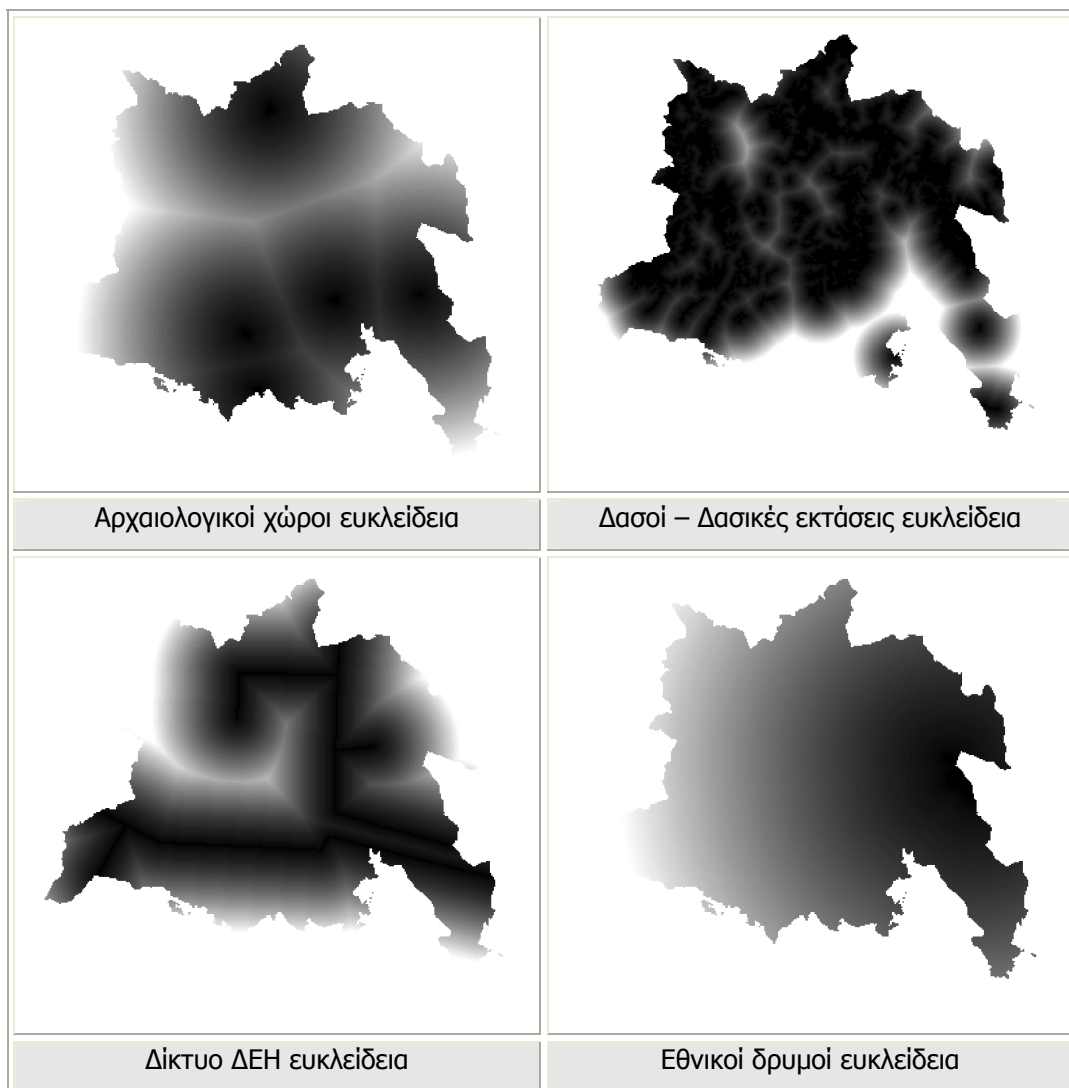


**Χάρτης 4.5:** Οπτικοποίηση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους - TINGRID

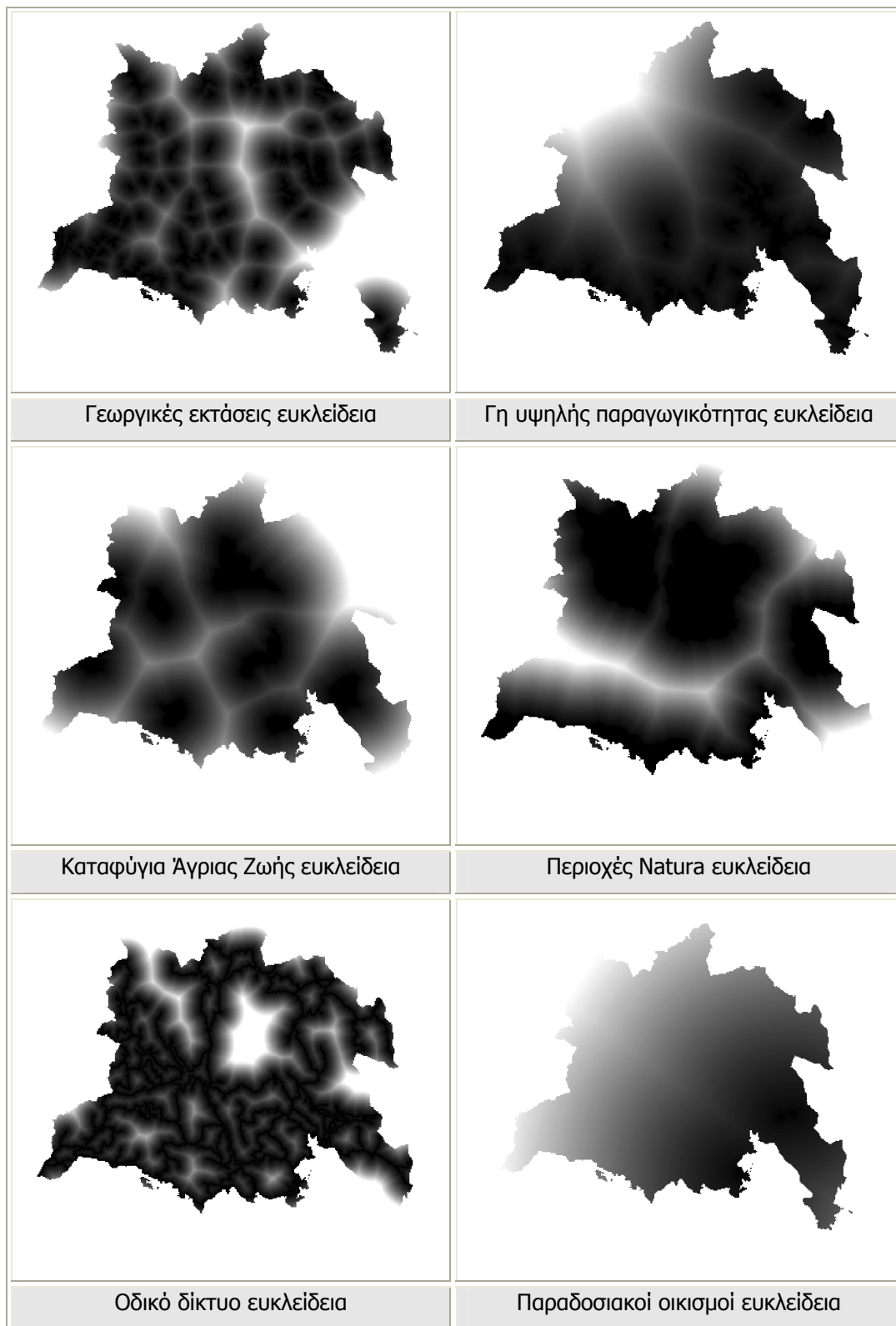
Στη συνέχεια, για τα θεματικά επίπεδα, για τα οποία κριτήριο καταλληλότητας είναι η απόσταση, υπολογίστηκε η ευκλείδεια απόσταση των στοιχείων του για την περιοχή μελέτης. Μέσω της εντολής *euclidean*, στο παράθυρο του *Raster Calculator* του *Spatial Analyst*, υπολογίστηκε η απόσταση από το κέντρο κάθε φατνίου προς το κέντρο του πλησιέστερου φατνίου του επιπέδου. Η απόσταση των κυρίως φατνίων του κάθε επιπέδου αντιστοιχεί στη μηδενική, αφού τα φατνία αυτά απέχουν μηδενική απόσταση από τον εαυτό τους.

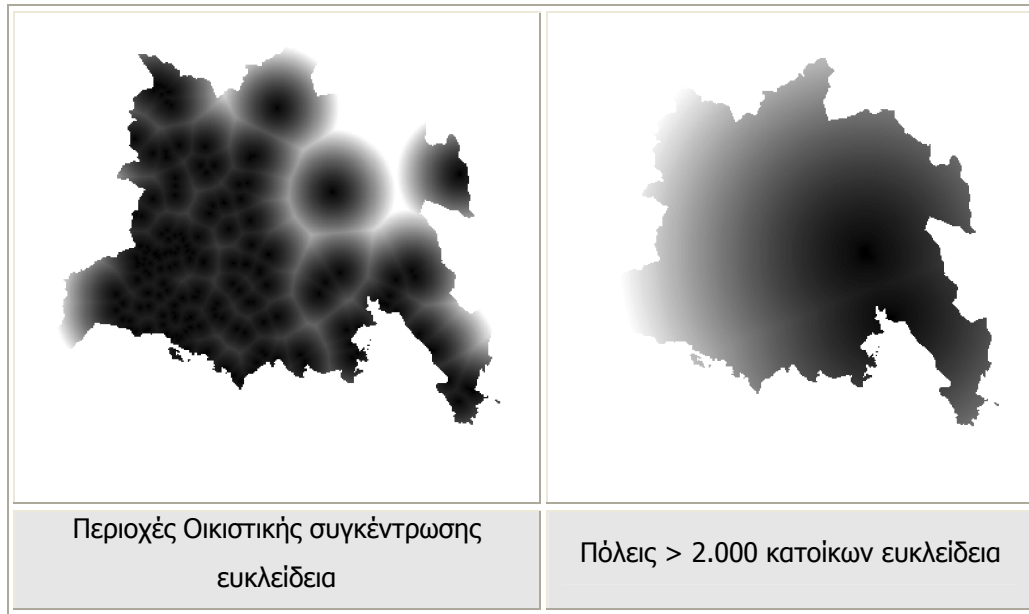
Για τα θεματικά επίπεδα ΠΑΠ, ΠΑΚ, Πάρκα, Λίμνες, Δυναμικό, Οτα και για το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους δεν υπολογίστηκε ευκλείδεια απόσταση καθώς η απόσταση δεν θεωρείται κριτήριο καταλληλότητας.

Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται οι ευκλείδειες αποστάσεις για κάθε θεματικό επίπεδο καθώς και τα κύρια φατνία (μηδενικής ευκλείδειας απόστασης). Αύξηση της απόστασης απεικονίζεται με ανοιχτότερο τόνο.









Στη συνέχεια έγινε αλληλεπίθεση των θεματικών επιπέδων της ευκλείδειας απόστασης και των κανονικοποιημένων θεματικών επιπέδων ΠΑΠ, ΠΑΚ, Δυναμικό, ΟΤΑ, Λίμνες, Πάρκα, Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους σε ένα ενιαίο θεματικό επίπεδο, ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία με τη μέθοδο της λογικής της ασάφειας. Η υλοποίηση της παραπάνω διαδικασίας επετεύχθη με χρήση της εντολής combine στο παράθυρο του raster calculator (σχήμα 4).

#### 4.1.4 Δεδομένα Εισόδου στο Ασαφές Σύστημα

Το σύνθετο θεματικό επίπεδο που δημιουργήθηκε, εισήχθη στο περιβάλλον του ArcMap, και από τον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών, μέσω της εντολής calculate statistics, έγινε

υπολογισμός των μέγιστων και ελάχιστων τιμών κάθε θεματικού επιπέδου. Στη συνέχεια έγινε export του πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών σε μορφή dbf4 και αλλαγή του ονόματος κάθε μεταβλητής, στο αντίστοιχο όνομα του αρχικού θεματικού επιπέδου (κριτηρίου). Η γεωγραφική βάση δεδομένων, εισήχθη στο λογισμικό data engine για την εφαρμογή της μεθόδου της λογικής της ασάφειας.

## **4.2 Ανάλυση με τη λογική της Ασάφειας**

Τα βασικά στοιχεία ενός ασαφούς συστήματος και τα οποία περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια, είναι τα ακόλουθα:

1. Ασαφοποίηση των δεδομένων εισόδου
2. Ανάπτυξη των κανόνων
3. Επεξεργασία των κανόνων
4. Απασαφοποίηση των αποτελεσμάτων

### **4.2.1 Ασαφοποίηση των δεδομένων εισόδου**

Ασαφοποίηση καλείται η διαδικασία μετατροπής των αρχικών αριθμητικών τιμών των μεταβλητών σε λεκτικές μεταβλητές (linguistic variables) με τη βοήθεια των συναρτήσεων συμμετοχής. Οι αριθμοί που αντιστοιχούν στα κριτήρια, αντικαθίστανται από λεκτικούς όρους (terms) και δημιουργούνται συναρτήσεις συμμετοχής αντίστοιχα για κάθε κριτήριο.

Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζονται οι υποκλάσεις και η μεταξύ τους επικάλυψη, καθώς και η χρησιμοποιούμενη συνάρτηση. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή ορίστηκαν δυο υποκλάσεις για κάθε συνάρτηση, για την απόδοση της οποίας επελέγη η τραπεζοειδής μορφή.

Απαραίτητο για να οριστεί πλήρως το ασαφές σύστημα είναι ο προσδιορισμός κατάλληλων όρων, οι λεγόμενοι λεκτικοί συμβολισμοί (linguistic symbols), για το χαρακτηρισμό των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας των δεδομένων.

Αρχικά, για κάθε κριτήριο ορίστηκε η αντίστοιχη λεκτική μεταβλητή (linguistic variable). Στο σχετικό παράθυρο εντολών, για κάθε μια από τις μεταβλητές ορίστηκαν: η μέγιστη και ελάχιστη τιμή τους (στατιστικά στοιχεία), ο αριθμός των λεκτικών όρων (υποκλάσεων) και ο τύπος της συνάρτησης συμμετοχής.

Για τα περισσότερα κριτήρια απόστασης ορίστηκαν δύο υποκλάσεις για κάθε συνάρτηση, για την απόδοση της οποίας επελέγη η τραπεζοειδής μορφή.

Τραπεζοειδής με δύο υποκλάσεις επιλέχθηκε να είναι η συνάρτηση για το Ψηφιακό Μοντέλο εδάφους, για το οποίο ως λεκτική μεταβλητή επιλέχθηκε να είναι το υψόμετρο.

Για τα θεματικά επίπεδα ΠΑΠ, Δυναμικό, Λίμνες, Πάρκα, η μορφή συνάρτησης είναι μονοσύνολη (singleton) με δύο υποκλάσεις όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Για τα θεματικά επίπεδα ΠΑΚ, ΟΤΑ η μορφή συνάρτησης είναι μονοσύνολη (singleton) με 4 και 7 υποκλάσεις και ως λεκτική μεταβλητή επιλέχθηκε να είναι το αιολικό δυναμικό και η ελεύθερη έκταση αντίστοιχα όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Για τα κριτήρια απόστασης από το οδικό δίκτυο και το δίκτυο της ΔΕΗ, ορίστηκαν 3 υποκλάσεις για κάθε συνάρτηση, τραπεζοειδούς μορφής, καθώς αποτελούν πολλαπλό κριτήριο, δηλαδή αποδεκτή είναι η χωροθέτηση αιολικού πάρκου όταν:

- βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 127,5μ αλλά και μικρότερη των 4000μ από το οδικό δίκτυο και
- βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 127,5μ αλλά και σε απόσταση μικρότερη των 2000μ από το δίκτυο της ΔΕΗ

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα κριτήρια, οι αντίστοιχες λεκτικές μεταβλητές, οι υποκλάσεις και η μεταξύ τους επικάλυψη που επιλέχθηκαν για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

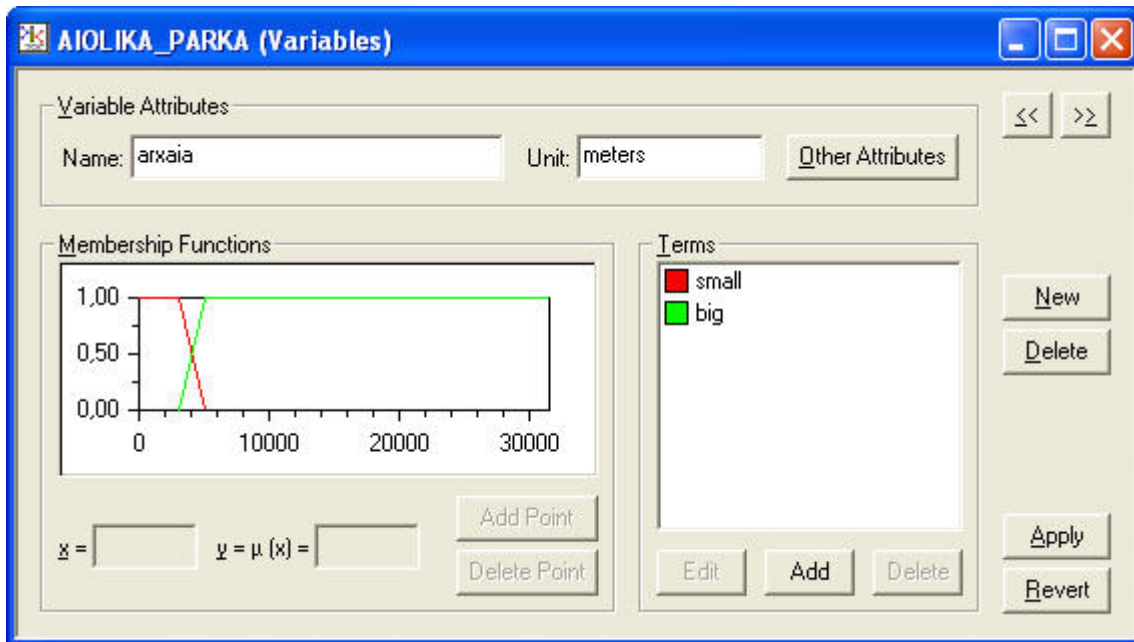
Κριτήριο	Λεκτική Μεταβλητή	Συνάρτηση Συμμετοχής
Αρχαιολογικοί χώροι	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	$\text{Μεγάλη}(x) = \begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 3000 \\ (\text{απόσταση}(x) - 5000) / 3000 & , \text{αν } 3000 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 5000 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 5000 \end{cases}$
Οικισμοί < 2.000 κατ.	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	$\text{Μεγάλη}(x) = \begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 500 \\ (\text{απόσταση}(x) - 2500) / 500 & , \text{αν } 500 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 2500 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 2500 \end{cases}$
Οικισμοί > 2.000 κατ.	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	$\text{Μεγάλη}(x) = \begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 1000 \\ (\text{απόσταση}(x) - 2500) / 1000 & , \text{αν } 1000 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 2500 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 2500 \end{cases}$
Παραδοσιακοί οικισμοί	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	$\text{Μεγάλη}(x) = \begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 1500 \\ (\text{απόσταση}(x) - 800) / 400 & , \text{αν } 800 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 1200 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 2500 \end{cases}$

Περιοχές Οικιστικής Συγκέντρωσης	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 1000 \\ (\text{απόσταση}(x) - 750) / 500 & , \text{αν } 750 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 1250 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 2500 \end{cases}$
Καταφύγια Άγριας Ζωής	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 500 \\ (\text{απόσταση}(x) - 2000) / 500 & , \text{αν } 500 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 2000 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 2000 \end{cases}$
Εθνικοί Δρυμοί	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 500 \\ (\text{απόσταση}(x) - 2000) / 500 & , \text{αν } 500 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 2000 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 2000 \end{cases}$
Περιοχές Natura	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 500 \\ (\text{απόσταση}(x) - 2000) / 500 & , \text{αν } 500 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 2000 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 2000 \end{cases}$
Γη υψηλής παραγωγικότητας	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 127,5 \\ (\text{απόσταση}(x) - 500) / 127,5 & , \text{αν } 127,5 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 500 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 500 \end{cases}$
Γεωργικές περιοχές	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 127,5 \\ (\text{απόσταση}(x) - 500) / 127,5 & , \text{αν } 127,5 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 500 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 500 \end{cases}$
Δάση – Δασικές Περιοχές	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 200 \\ (\text{απόσταση}(x) - 1000) / 200 & , \text{αν } 200 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 1000 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 1000 \end{cases}$
Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους	Υψόμετρο: Μικρό(x) Μεγάλο(x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 850 \\ (\text{απόσταση}(x) - 1000) / 850 & , \text{αν } 850 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 1000 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 1000 \end{cases}$
Δίκτυο ΔΕΗ	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x) Ικανή (x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 2000 \\ (\text{απόσταση}(x) - 4000) / 2000 & , \text{αν } 2000 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 4000 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 4000 \end{cases}$
Οδικό δίκτυο	Απόσταση: Μικρή(x) Μεγάλη(x) Ικανή (x)	Μεγάλη(x) = $\begin{cases} 0 & , \text{αν απόσταση}(x) < 1000 \\ (\text{απόσταση}(x) - 2000) / 1000 & , \text{αν } 1000 \leq \text{απόσταση}(x) \leq 2000 \\ 1 & , \text{αν απόσταση}(x) > 2000 \end{cases}$
Αιολικά πάρκα	Αιολικά Πάρκα: Όχι Ναι	0 1

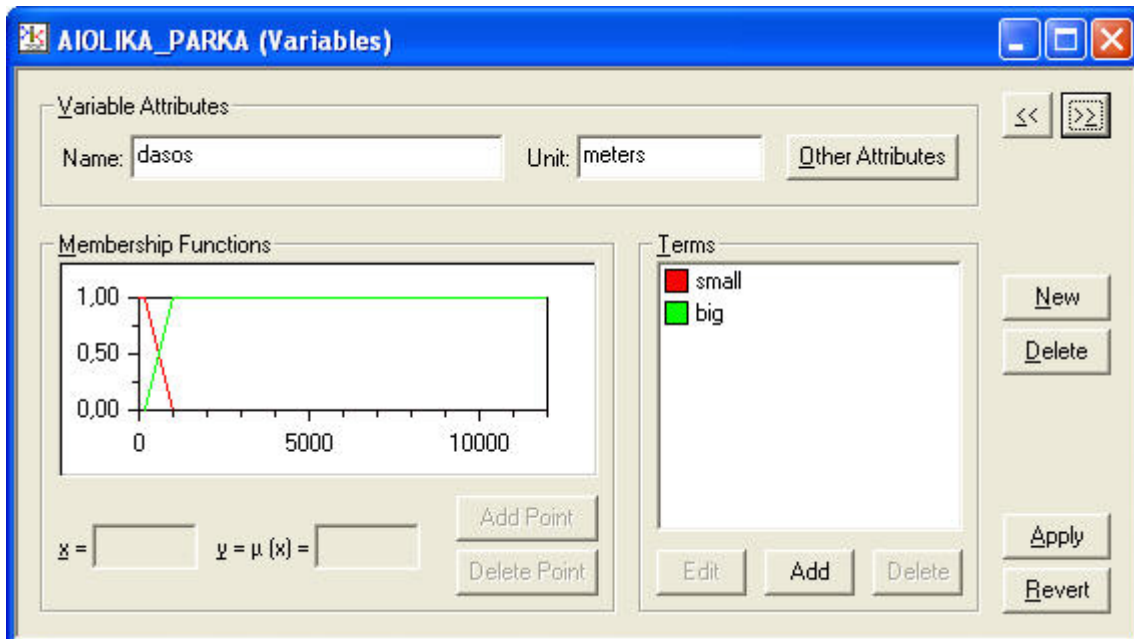
Λίμνες	Λίμνες: Όχι Ναι	0 1
Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (ΠΑΠ)	ΠΑΠ.: Όχι Ναι	0 1
Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (ΠΑΚ)	Αιολικό Δυναμικό.: Δεν υπάρχει Μικρή Αρκετή Μεγάλη	0 1 2 3
Ποσοστό κάλυψης από αιολικές εγκαταστάσεις	Ελεύθερη έκταση: Δεν υπάρχει Πολύ Μικρή Μικρή Αρκετή Μεγάλη Πολύ μεγάλη Μέγιστη	0 1 2 5 6 7 8

Η απόδοση της συνάρτησης συμμετοχής αποτελεί μια υποκειμενική διαδικασία η οποία αντικατοπτρίζει τη γνώση ενός ή περισσοτέρων ειδικών, μπορεί δε να υποβοηθηθεί από διάφορες μεθόδους όπως: η μέθοδος του μέσου όρου, η μέθοδος της απόστασης, η μέθοδος της διαίσθησης, η μέθοδος της ψήφου, η μέθοδος της σχετικής προτίμησης και η δελφική μέθοδος.

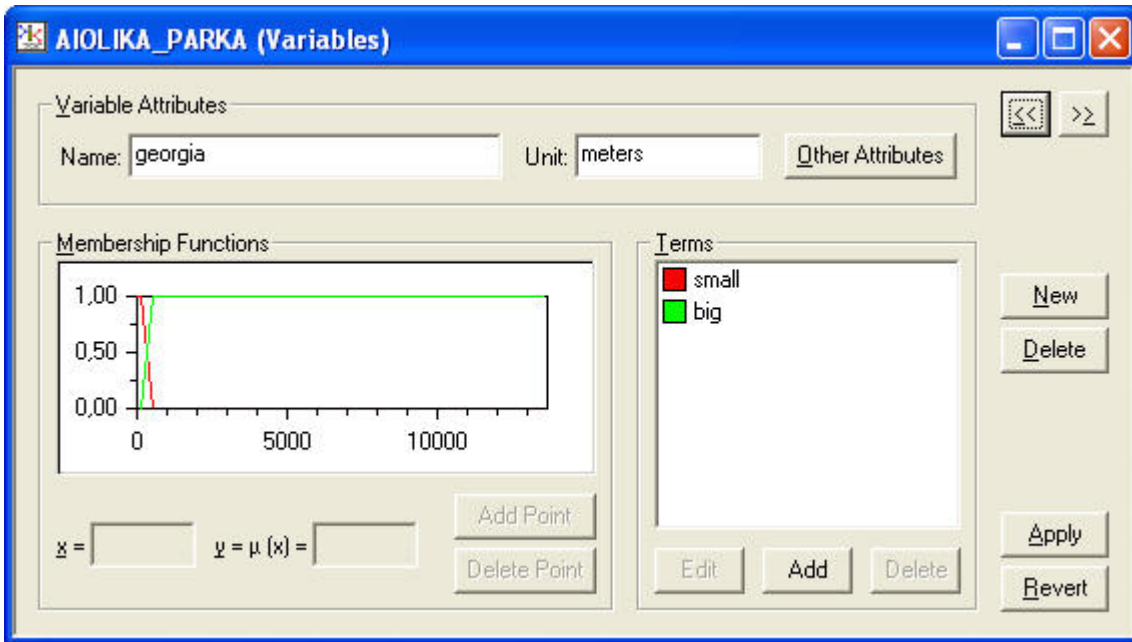
Η διαμόρφωση ωστόσο των συναρτήσεων, στηρίχτηκε αποκλειστικά στην υπάρχουσα νομοθεσία και βιβλιογραφία και στην προσωπική κρίση. Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται γραφικά οι συναρτήσεις συμμετοχής που διαμορφώθηκαν.



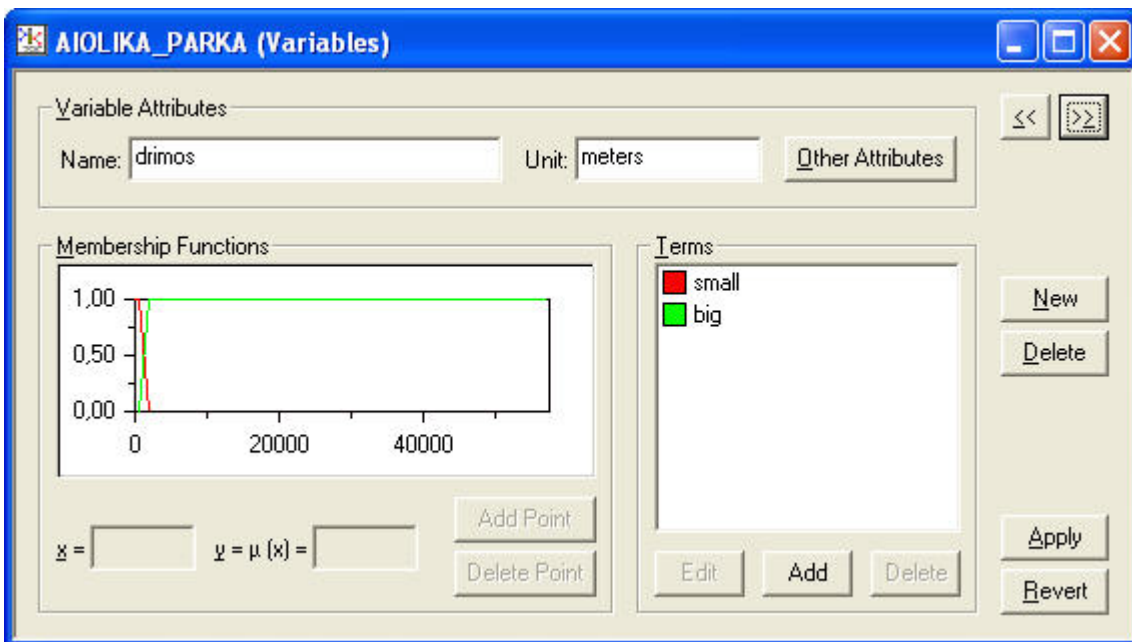
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από αρχαιολογικούς χώρους*



*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από δάση – δασικές περιοχές*



*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από γεωργικές περιοχές*

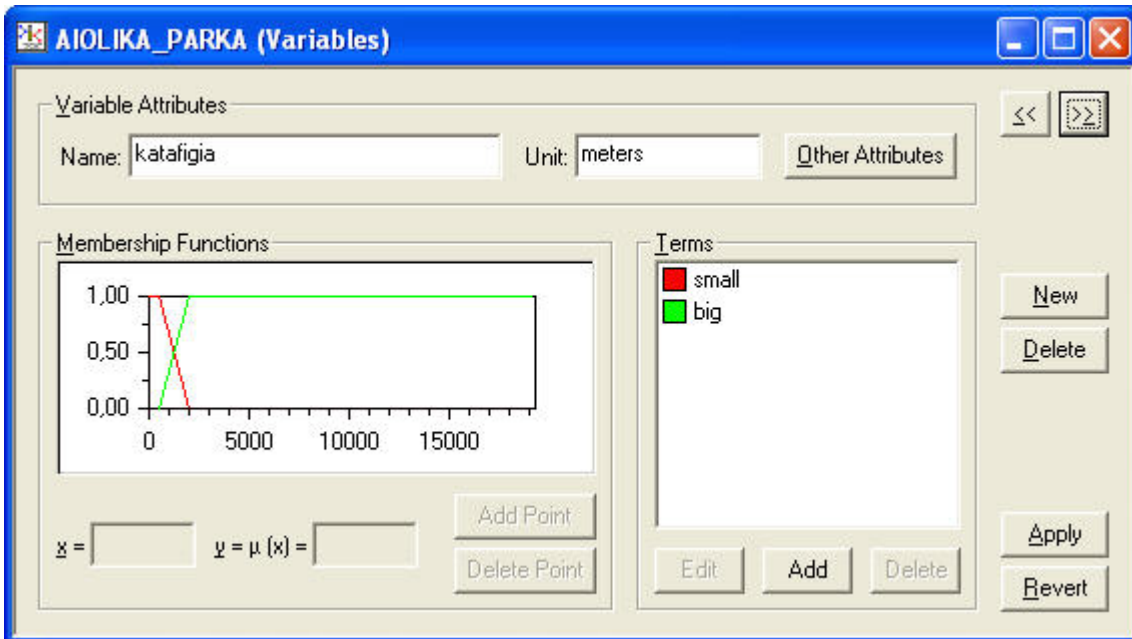


*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από Εθνικούς δρυμούς*

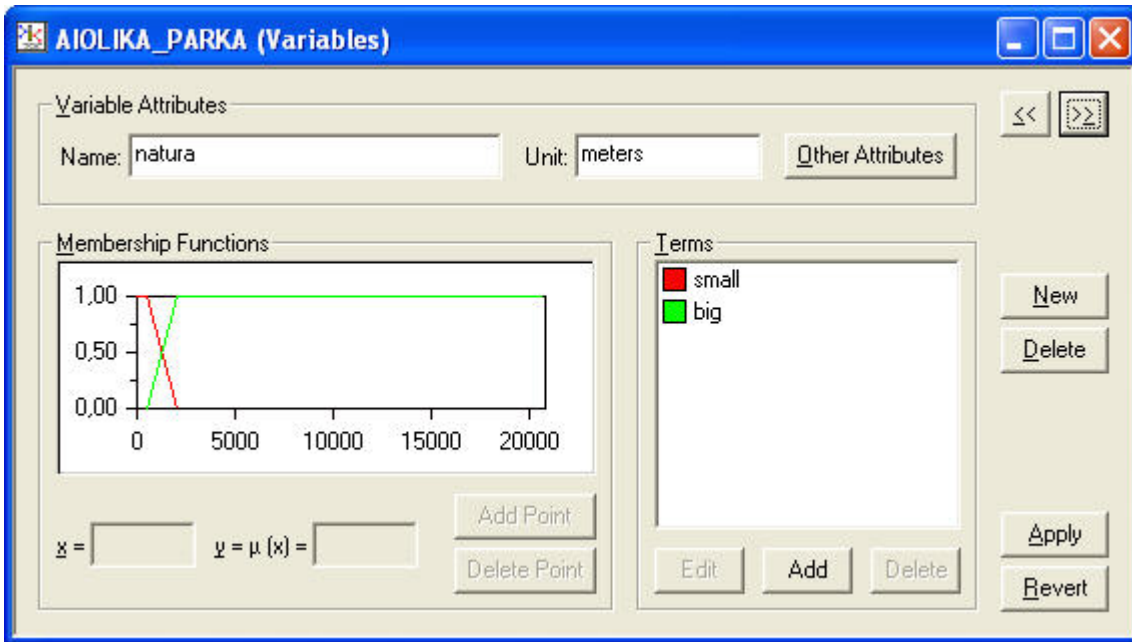




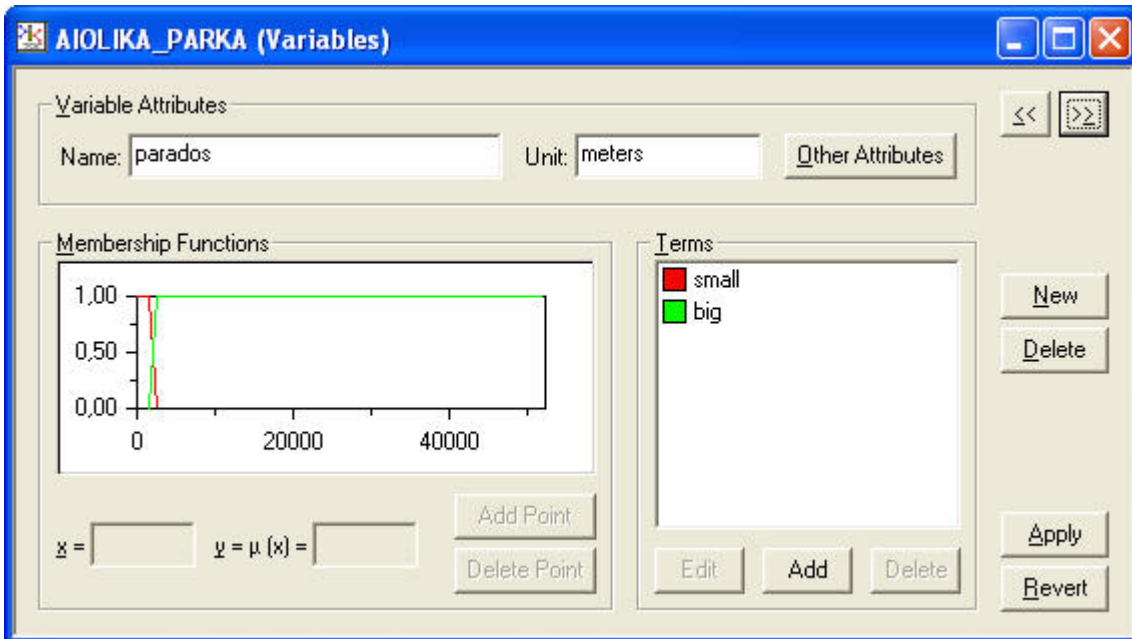
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από γη υψηλής παραγωγικότητας*



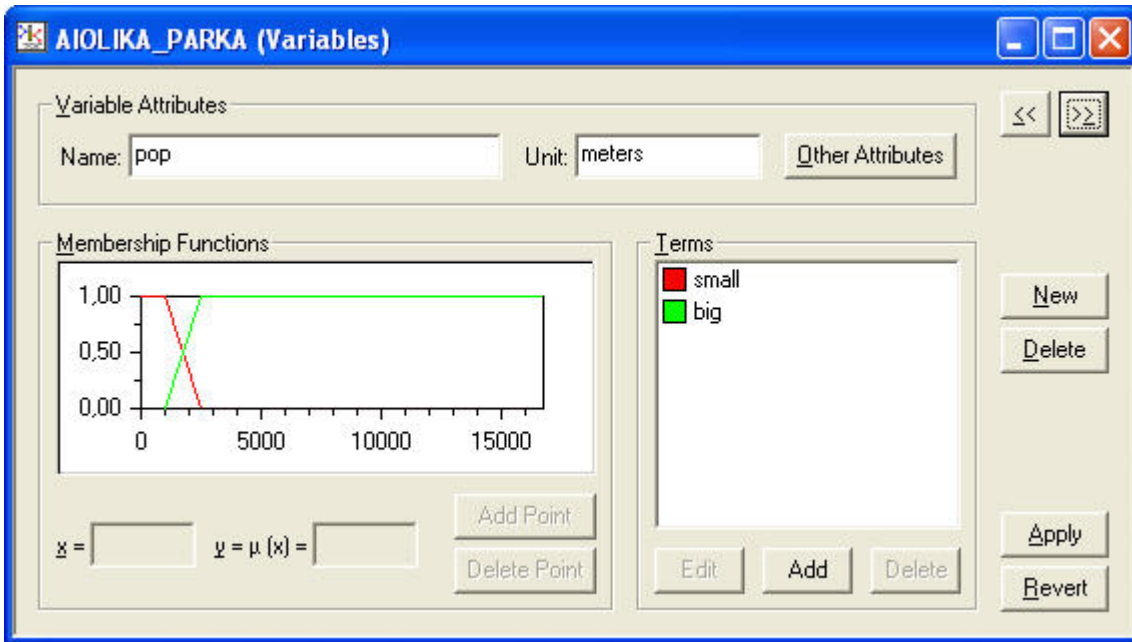
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από καταφύγιο Άγιας Ζωής*



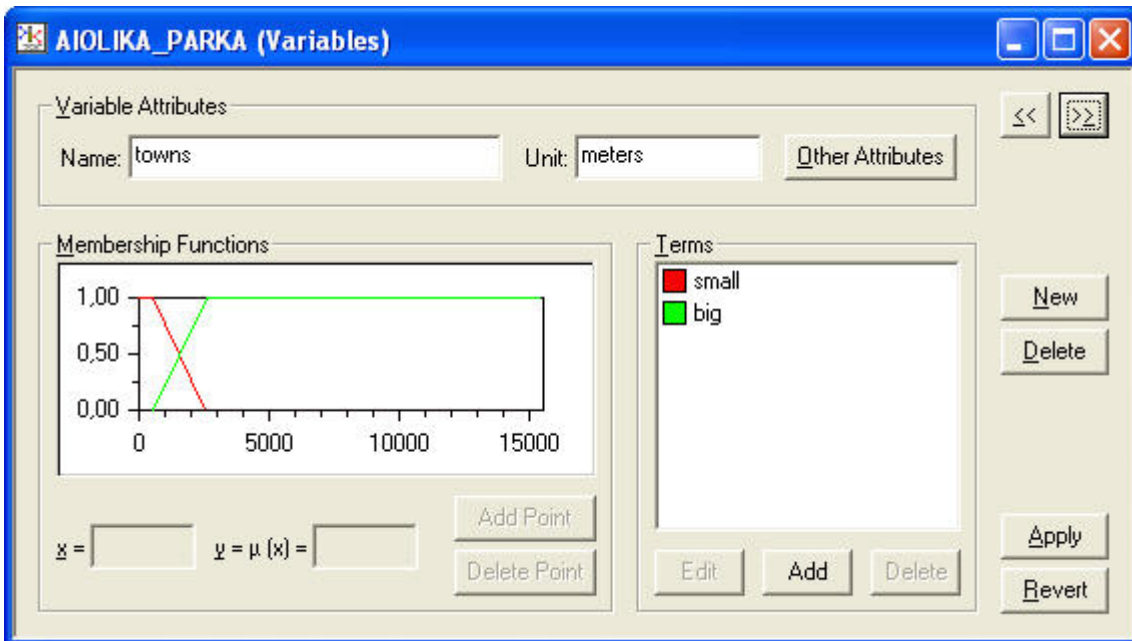
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από περιοχές Natura*



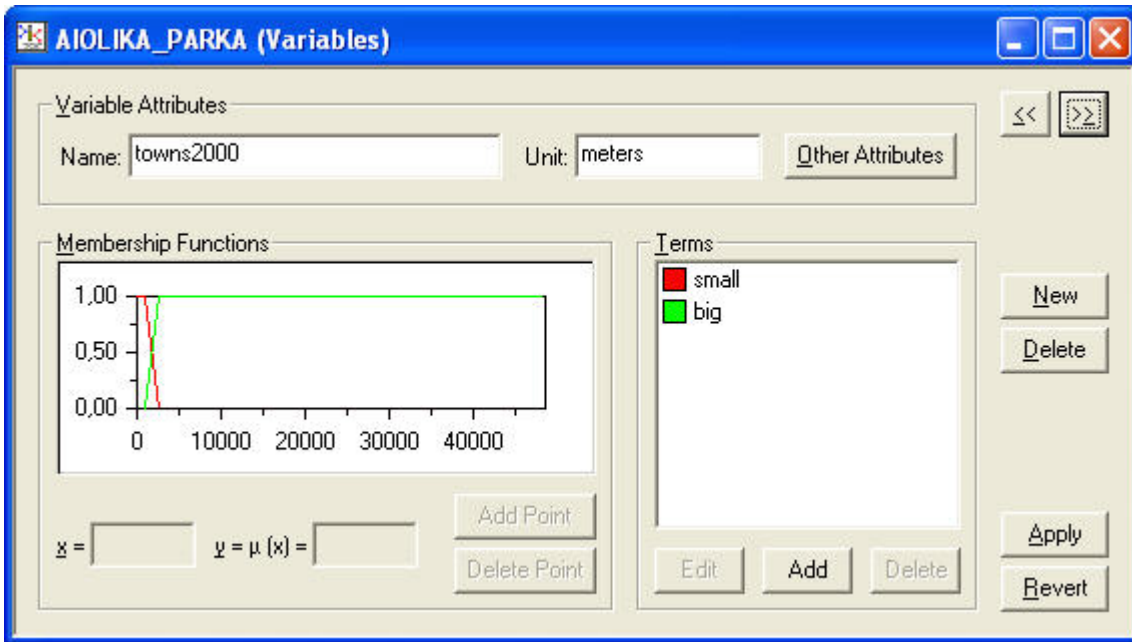
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από παραδοσιακούς οικισμούς*



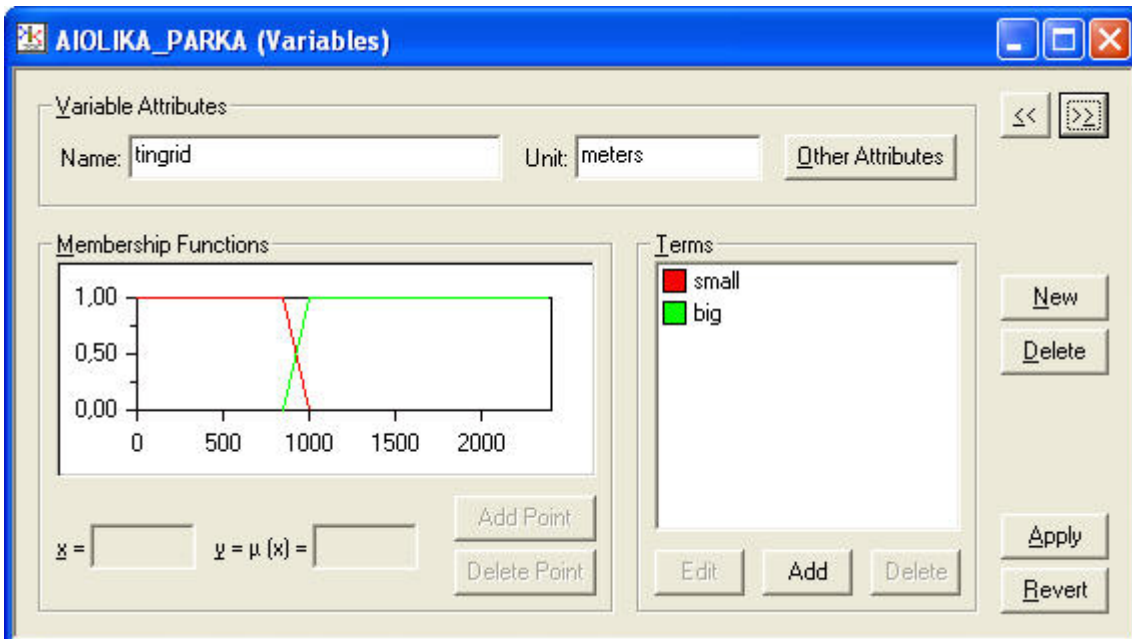
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από περιοχές οικιστικής συγκέντρωσης*



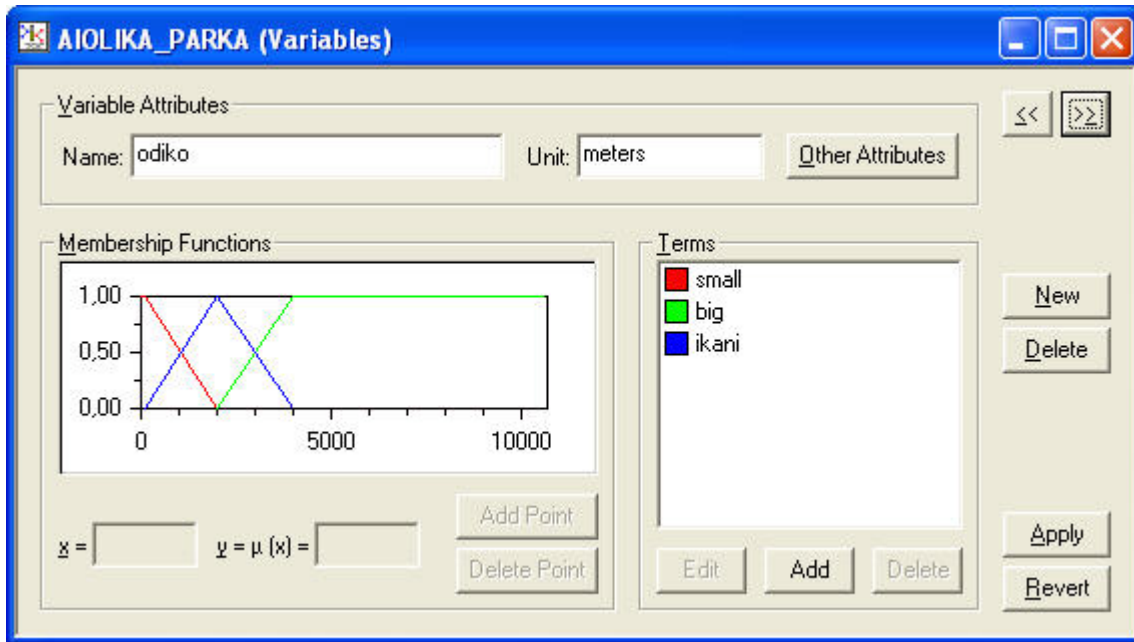
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από πόλεις με πληθυσμό μικρότερο των 2.000 κατοίκων*



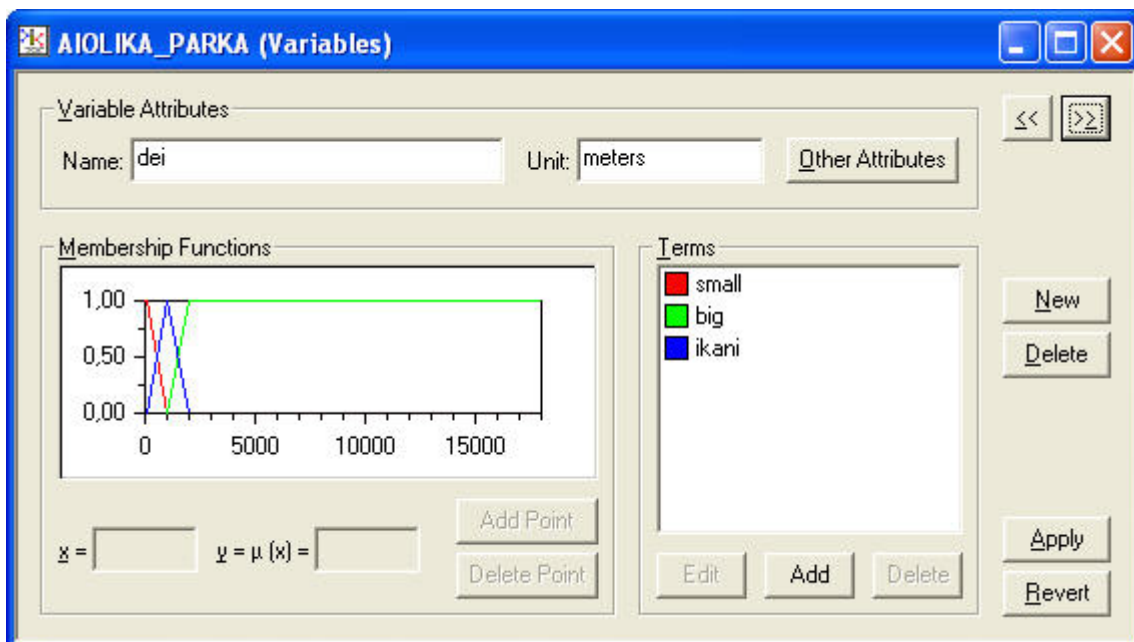
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από πόλεις με πληθυσμό μεγαλύτερο των 2.000 κατοίκων*



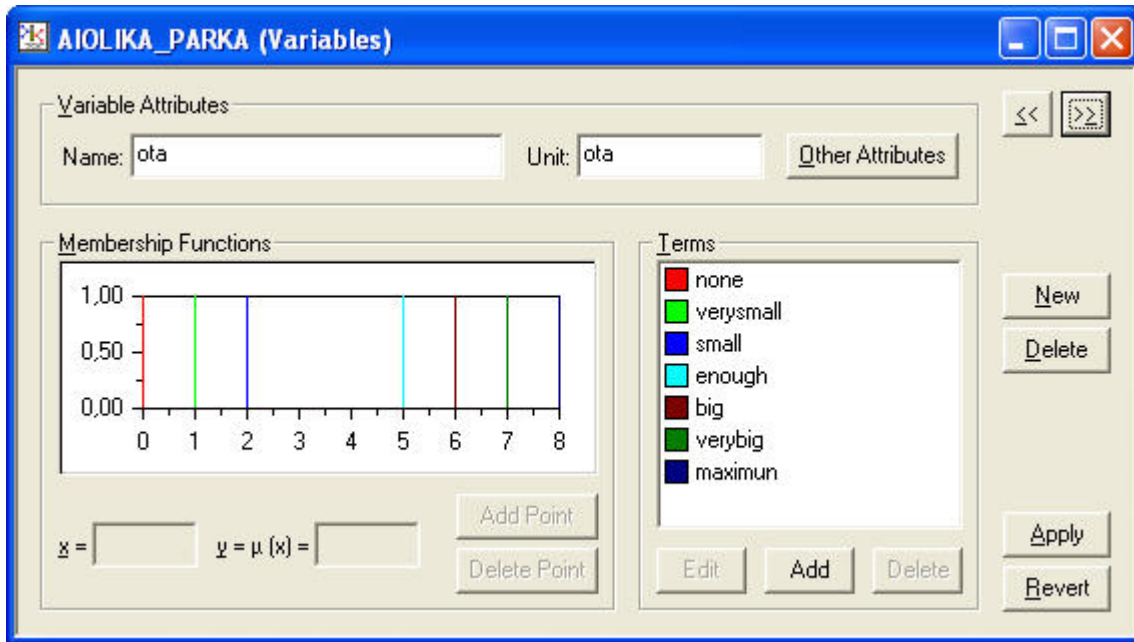
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο υψομέτρου*



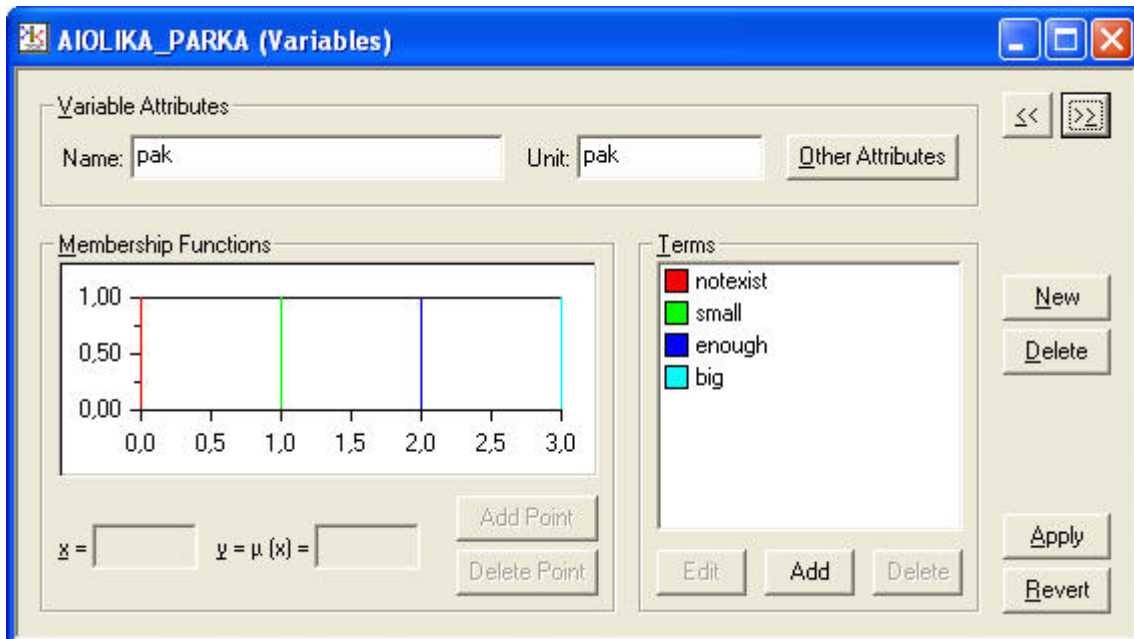
Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από το οδικό δίκτυο



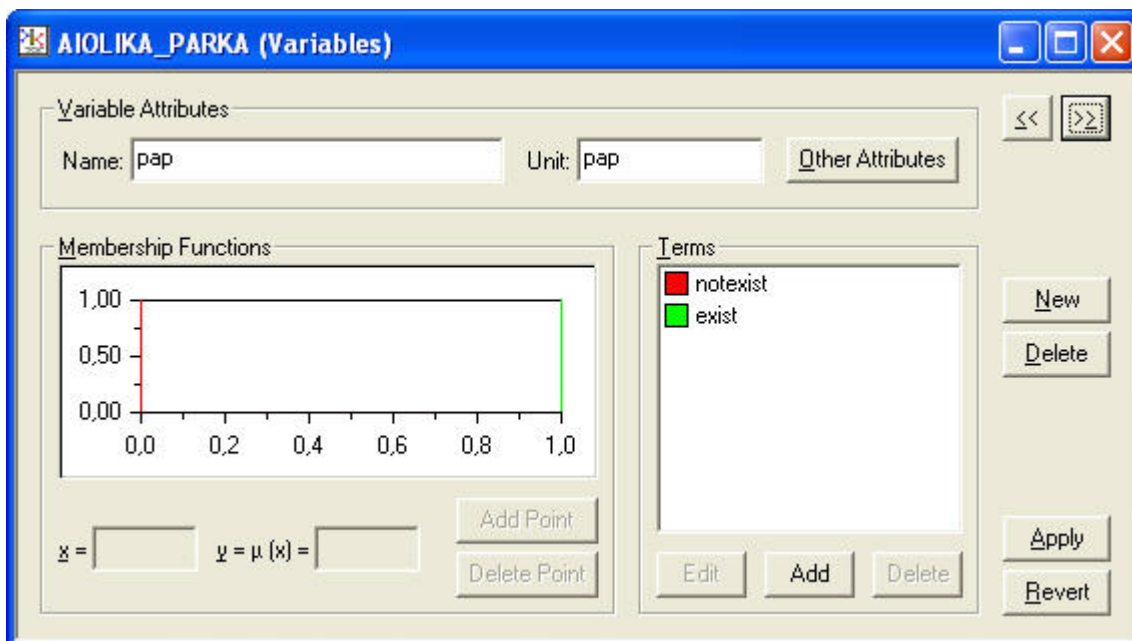
Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της απόστασης από το δίκτυο της ΔΕΗ



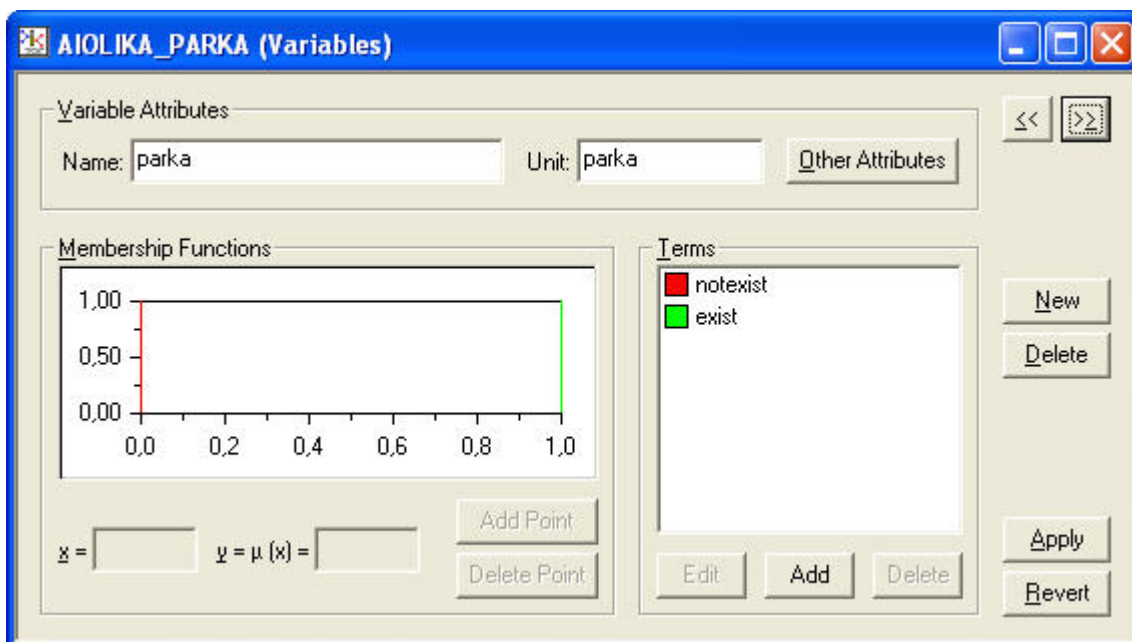
*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της καταλληλότητας ανάλογα με την επιτρεπόμενη κάλυψη*



*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο των περιοχών αιολικής καταλληλότητας*



*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο των περιοχών αιολικής προτεραιότητας*

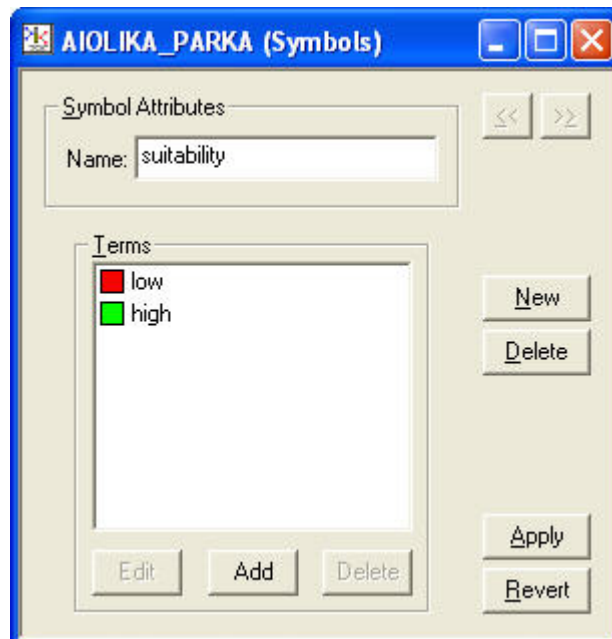


*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της ύπαρξης αιολικών πάρκων*



*Συνάρτηση συμμετοχής για το κριτήριο της καταλληλότητας λιμνών*

Στη συνέχεια, για τον χαρακτηρισμό των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας των δεδομένων, ορίστηκε ο λεκτικός συμβολισμός (linguistic symbol) της καταλληλότητας για χωροθέτηση (suitability) η οποία διακρίνεται σε χαμηλή και υψηλή.



*Λεκτικός συμβολισμός για την καταλληλότητα χωροθέτησης*



#### 4.2.2 Κατασκευή κανόνων

Τη διαδικασία της ασαφοποίησης ακολουθεί η κατασκευή κανόνων επιλογής των υποψήφιων περιοχών χωροθέτησης. Οι κανόνες συνδέουν την είσοδο με την έξοδο (τα αποτελέσματα) και αντιπροσωπεύουν τη γνώση του μελετητή για το εκάστοτε πρόβλημα χωροθέτησης. Ουσιαστικά, συνδέουν τις λεκτικές μεταβλητές κάθε κριτηρίου (πχ. απόσταση από αγροτικές περιοχές) με το λεκτικό συμβολισμό της καταλληλότητας (χαμηλής ή υψηλής), αποδίδοντας τη βεβαιότητα καθορισμού του κανόνα.

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, έγινε κατασκευή δεκαοχτώ συνολικά κανόνων (εννέα για τη χαμηλή καταλληλότητα και εννέα για την υψηλή καταλληλότητα).

Η λογική δημιουργίας των κανόνων βασίστηκε στην επιδίωξη για ομαδοποίηση των κριτηρίων βάσει:

- ✓ της σημαντικότητάς τους στη διαμόρφωση της καταλληλότητας των περιοχών χωροθέτησης
- ✓ της συμπληρωματικής τους συμμετοχής στη διαμόρφωση ενός ενδεχομένου (πχ. μεγάλη απόσταση από πόλεις αλλά μικρή απόσταση από περιοχές οικιστικών συγκεντρώσεων)
- ✓ του ποσοστού κάλυψης της περιοχής μελέτης από το συνδυασμό τους
- ✓ τον βαθμό αβεβαιότητας στην καταλληλότητα των περιοχών χωροθέτησης.

Στη συνέχεια παρατίθενται σχηματικά οι δεκαοχτώ κανόνες.

##### Κανόνας 1

*Εάν δεν είναι περιοχή αιολικής προτεραιότητας και το υψόμετρο είναι χαμηλό και η απόσταση από το οδικό δίκτυο είναι ικανή και η απόσταση από το δίκτυο της ΔΕΗ είναι μεγάλη, τότε η καταλληλότητα είναι χαμηλή με ποσοστό βεβαιότητας 70%.*

##### Κανόνας 2

*Εάν δεν είναι περιοχή αιολικής προτεραιότητας και είναι περιοχή αιολικής καταλληλότητας μικρού εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, τότε η καταλληλότητα είναι χαμηλή με ποσοστό βεβαιότητας 80%.*

##### Κανόνας 3

*Εάν οι αποστάσεις από τις πόλεις με πληθυσμό μεγαλύτερο των 2.000 και από τις πόλεις με πληθυσμό μικρότερο των 2.000 κατοίκων και από παραδοσιακούς οικισμούς και από περιοχές οικιστικής συγκέντρωσης είναι μεγάλες, τότε η καταλληλότητα είναι χαμηλή με ποσοστό βεβαιότητας 50%.*

Κανόνας 4

*Εάν οι αποστάσεις από περιοχές Natura και από Εθνικούς Δρυμούς και από Καταφύγια Άγριας Ζωής και από Γη Υψηλής παραγωγικότητας και από αρχαιολογικούς χώρους είναι μικρές και δεν υπάρχουν λίμνες, τότε η καταλληλότητα είναι χαμηλή με ποσοστό βεβαιότητας 90%.*

Κανόνας 5

*Εάν το υψόμετρο είναι χαμηλό και το ποσοστό κάλυψης από αιολικές εγκαταστάσεις είναι μικρό και είναι περιοχή αιολικής καταλληλότητας μικρού εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού, τότε η καταλληλότητα είναι χαμηλή με ποσοστό βεβαιότητας 80%.*

Κανόνας 6

*Εάν είναι περιοχή αιολικής προτεραιότητας και το ποσοστό κάλυψης από αιολικές εγκαταστάσεις είναι το μεγαλύτερο δυνατό και η απόσταση από περιοχές Natura είναι μεγάλη, τότε η καταλληλότητα είναι χαμηλή με ποσοστό βεβαιότητας 20%.*

Κανόνας 7

*Εάν το υψόμετρο είναι υψηλό και δεν είναι περιοχή αιολικής προτεραιότητας και η απόσταση από περιοχές Natura είναι μεγάλη, τότε η καταλληλότητα είναι χαμηλή με ποσοστό βεβαιότητας 40%*

Κανόνας 8

*Εάν το υψόμετρο είναι χαμηλό, τότε η καταλληλότητα είναι χαμηλή με ποσοστό βεβαιότητας 30%*

Κανόνας 9

*Εάν το ποσοστό κάλυψης από αιολικές εγκαταστάσεις είναι αρκετό και είναι περιοχή αιολικής προτεραιότητας και οι αποστάσεις από περιοχές Natura και από περιοχές οικιστικής συγκέντρωσης είναι μεγάλες και η απόσταση από το δίκτυο της ΔΕΗ είναι ικανή, τότε η καταλληλότητα είναι υψηλή με ποσοστό βεβαιότητας 70%.*

Κανόνας 10

*Εάν το υψόμετρο είναι υψηλό και η απόσταση από το οδικό δίκτυο είναι ικανή, τότε η καταλληλότητα είναι υψηλή με ποσοστό βεβαιότητας 30%*

Κανόνας 11

*Εάν οι αποστάσεις από περιοχές Natura και από Εθνικούς Δρυμούς και από Καταφύγια Άγριας Ζωής και από Γη Υψηλής παραγωγικότητας είναι μεγάλες, τότε η καταλληλότητα είναι υψηλή με ποσοστό βεβαιότητας 40%.*

Κανόνας 12

*Εάν η απόσταση από γεωργικές εκτάσεις και από δάση – δασικές εκτάσεις είναι μεγάλη, τότε η καταλληλότητα είναι υψηλή με ποσοστό βεβαιότητας 30%.*

Κανόνας 13

*Εάν είναι η απόσταση από το οδικό δίκτυο είναι ικανή και η απόσταση από το δίκτυο της ΔΕΗ είναι μεγάλη και το ποσοστό κάλυψης από αιολικές εγκαταστάσεις είναι μικρό, τότε η καταλληλότητα είναι υψηλή με ποσοστό βεβαιότητας 20%.*

Κανόνας 14

*Εάν είναι περιοχή αιολικής προτεραιότητας και υπάρχουν αιολικά πάρκα και λίμνες, τότε η καταλληλότητα είναι υψηλή με ποσοστό βεβαιότητας 20%.*

Κανόνας 15

*Εάν οι αποστάσεις από περιοχές οικιστικής συγκέντρωσης και από παραδοσιακούς οικισμούς και από πόλεις με πληθυσμό μικρότερο των 2.000 κατοίκων και από πόλεις με πληθυσμό μεγαλύτερο των 2.000 κατοίκων είναι μεγάλες, τότε η καταλληλότητα είναι υψηλή με ποσοστό βεβαιότητας 40%.*

Κανόνας 16

*Εάν είναι περιοχή αιολικής προτεραιότητας και υψηλού υψομέτρου και οι αποστάσεις από περιοχές Natura, Αρχαιολογικούς Χώρους και από περιοχές οικιστικής συγκέντρωσης είναι μεγάλες και το ποσοστό κάλυψης από αιολικές εγκαταστάσεις είναι το μεγαλύτερο δυνατό και η απόσταση από το οδικό δίκτυο είναι ικανή, τότε η καταλληλότητα είναι υψηλή με ποσοστό βεβαιότητας 90%.*

#### **4.2.3 Επεξεργασία των κανόνων**

Το στάδιο της δημιουργίας των κανόνων, διαδέχεται η επεξεργασία τους η οποία ονομάζεται και εξαγωγή συμπεράσματος (inference). Αφορά στη διαδικασία εξαγωγής του αποτελέσματος μέσα από την υπάρχουσα γνώση, όπως αυτή εκφράζεται στους κανόνες.

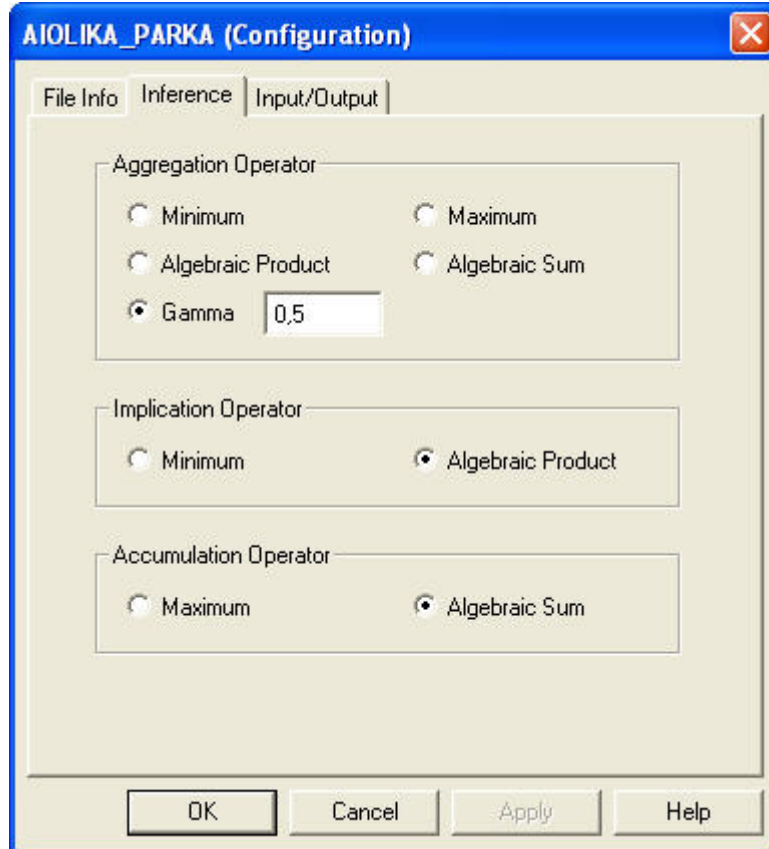
Η διαδικασία αξιολόγησης των κανόνων σε ένα ασαφές σύστημα περιλαμβάνει τρία στάδια: τη συσσώρευση (aggregation), τη σημαντικότητα (implication) και τη συγκέντρωση (accumulation).

Η συσσώρευση περιλαμβάνει την αξιολόγηση της εκπλήρωσης συνολικά του κάθε κανόνα, με βάση την εκπλήρωση κάθε μεταβλητής του. Συνήθως, αντιστοιχεί στο λογικό AND, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι τελεστές, όπως: το λογικό OR, το αλγεβρικό γινόμενο (Algebraic Product), ο τελεστής  $\gamma$  (Gamma) κλπ. Η επιλογή του τελεστή εξαρτάται από το εκάστοτε πρόβλημα. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η λεκτική ερμηνεία του κάθε τελεστή πριν την επιλογή τους.

Στο επόμενο στάδιο της σημαντικότητας, υπολογίζεται η βεβαιότητα για το σύνολο των κανόνων, με βάση τις βεβαιότητες του κάθε κανόνα χωριστά. Αυτό το βήμα αποδίδει το συμπέρασμα των κανόνων της λογικής μορφής «Εάν A τότε B». Η μέγιστη βεβαιότητα είναι ίση με τη μονάδα και αντιστοιχεί σε ένα σίγουρο αποτέλεσμα, πράγμα συνήθως σπάνιο. Έτσι, το στάδιο αυτό συνδέει τα ποσοστά βεβαιότητας του κάθε κανόνα με τον τελικό βαθμό εκπλήρωσής του. Διάφοροι τελεστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό. Οι συνηθέστεροι τελεστές που χρησιμοποιούνται είναι η τομή και το αλγεβρικό γινόμενο. Αυτό διασφαλίζει βαθμό εκπλήρωσης πάντα μικρότερο της μονάδας.

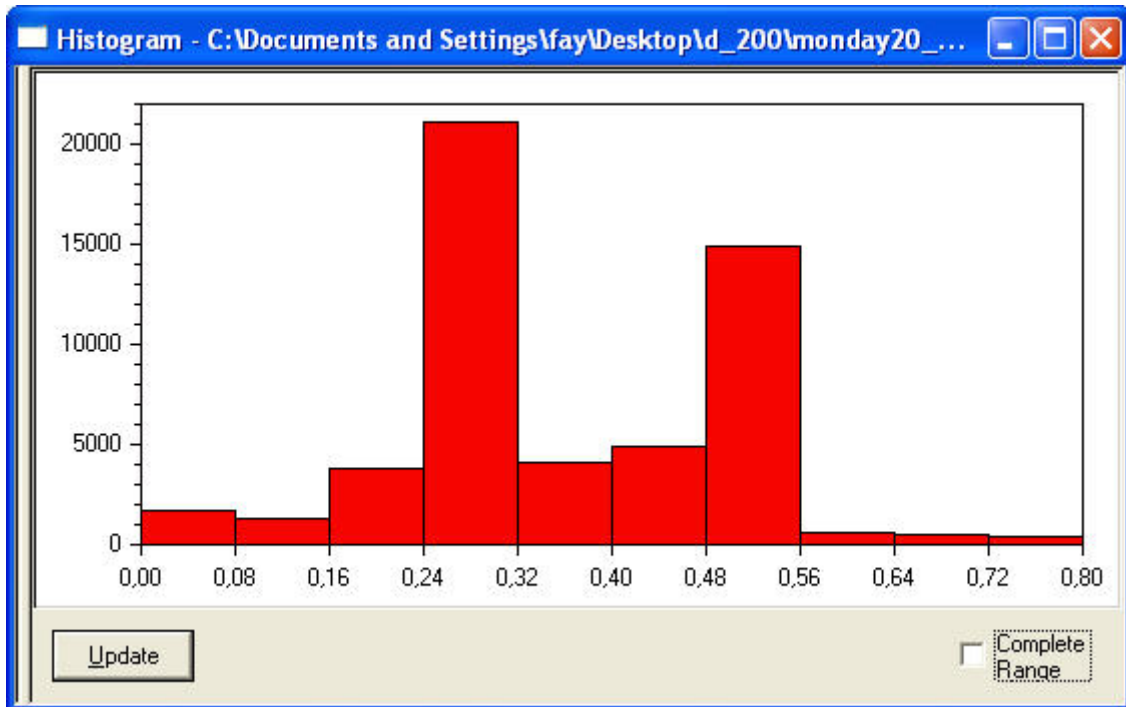
Σε ένα ασαφές σύστημα, συχνά, περισσότεροι από ένας κανόνες μπορούν να οδηγήσουν στο ίδιο αποτέλεσμα με διαφορετικούς βαθμούς εκπλήρωσης. Τελικά, με τη διαδικασία της συγκέντρωσης, η οποία αντιστοιχεί στο λογικό OR, επιλέγεται ένας μόνο βαθμός εκπλήρωσης. Οι συνηθέστεροι τελεστές για τη διαδικασία της συγκέντρωσης είναι η ένωση και το αλγεβρικό άθροισμα.

Για την εξαγωγή του συμπεράσματος στη συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τελεστές: Gamma (0.5) για τη συσσώρευση, Algebraic Product (αλγεβρικό γινόμενο) για τη σημαντικότητα και Algebraic Sum (αλγεβρικό άθροισμα) για τη συγκέντρωση (σχήμα 6).

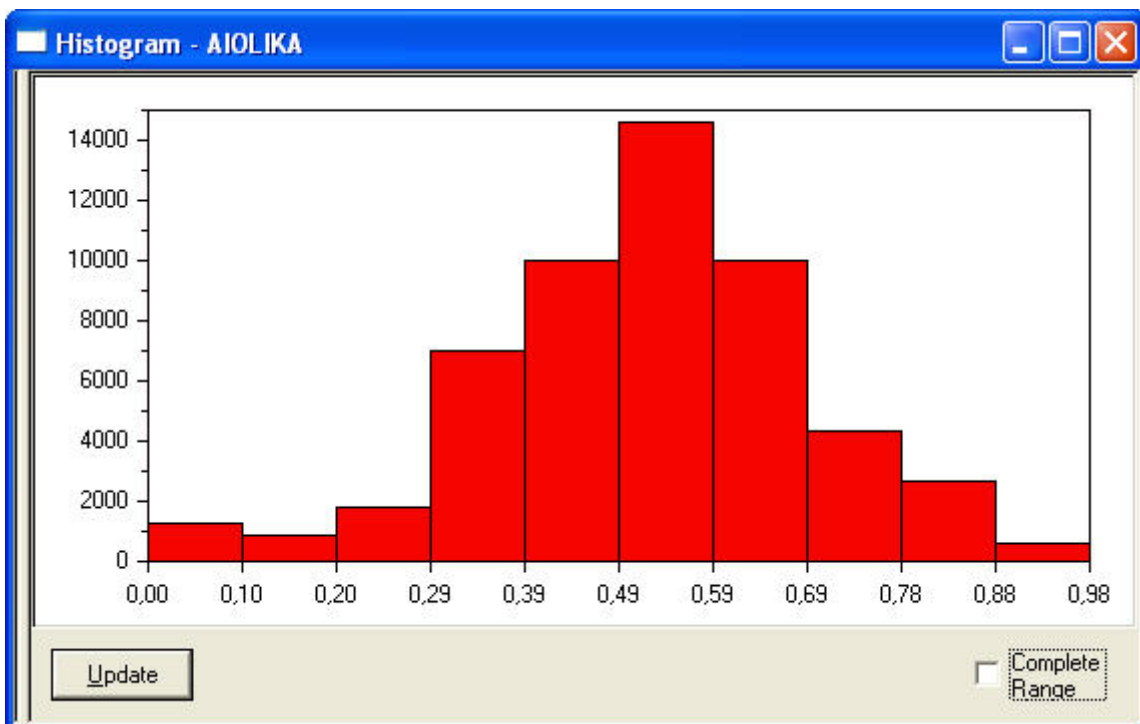


Σχήμα 4.6: Επιλογή των τελεστών για την εξαγωγή του αποτελέσματος

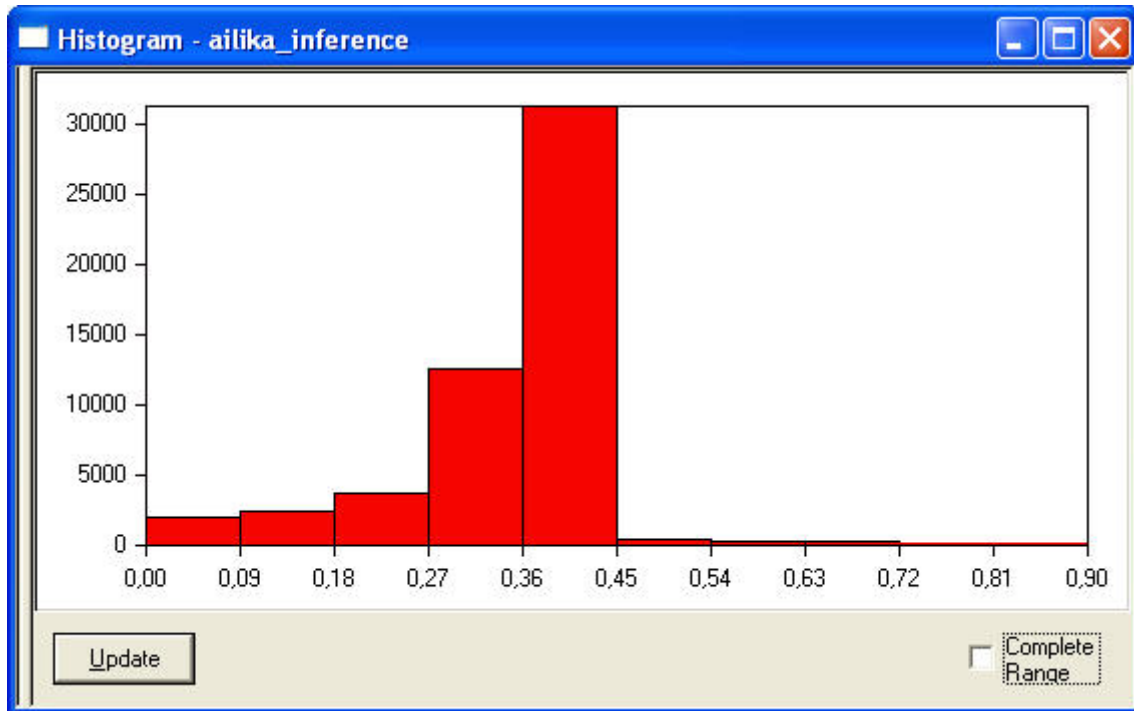
Η επιλογή του καταλληλότερου συνδυασμού τελεστών προέκυψε από τη χρήση των ιστογραμμάτων κατανομής του αριθμού των pixels στα διάφορα ποσοστά βεβαιότητας για την υψηλή και τη χαμηλή καταλληλότητα χωροθέτησης. Ενδεικτικά παρατίθεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων για δυο διαφορετικούς συνδυασμούς τελεστών.



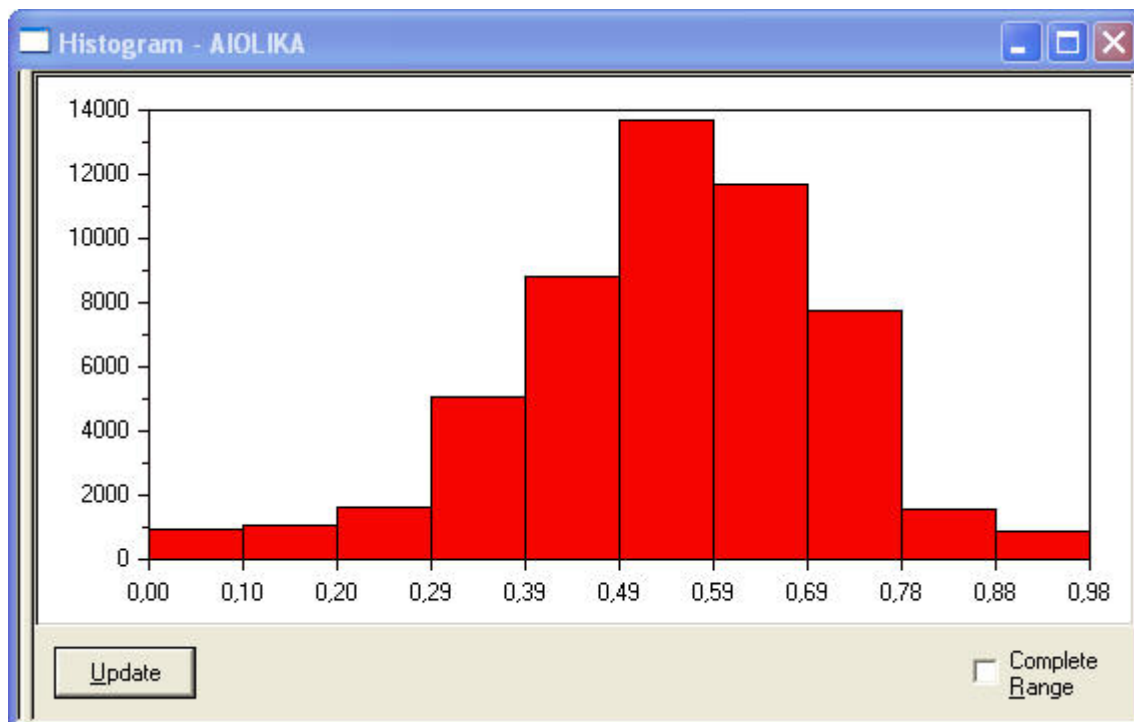
Ιστογράμμο για τη χαμηλή καταλληλότητα χωροθέτησης με χρήση των τελεστών (minimum, algebraic product, maximum).



Ιστογράμμο για τη χαμηλή καταλληλότητα χωροθέτησης με χρήση των τελεστών (Gamma, algebraic product, algebraic sum).



Ιστογράμμο για την υψηλή καταλληλότητα χωροθέτησης με χρήση των τελεστών (minimum, algebraic product, maximum).



Ιστογράμμο για την υψηλή καταλληλότητα χωροθέτησης με χρήση των τελεστών (Gamma, algebraic product, algebraic sum).

Από τη σύγκριση των ιστογραμμάτων των δυο συνδυασμών, προκύπτει ότι οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις βεβαιότητας, κάτι που αποτέλεσε βασικό κριτήριο για την καταλληλότητα του συνδυασμού, παρουσιάζονται στα αποτελέσματα του συνδυασμού *gamma-algebraic product-algebraic sum*: εύρος 0-98% έναντι 0-80% του συνδυασμού *minimum-algebraic product-maximum* για χαμηλή καταλληλότητα των περιοχών χωροθέτησης και 0-98% έναντι 0-90% του συνδυασμού *minimum-algebraic product-maximum* για υψηλή καταλληλότητα των περιοχών χωροθέτησης.

#### **4.2.4 Απασαφοποίηση**

Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των κανόνων είναι μια λεκτική μεταβλητή (*suitability*) με συμμετοχές σε δύο υποκλάσεις, χαμηλή (*low*) και υψηλή (*high*) τα οποία θα οπτικοποιηθούν σε χάρτη για την καλύτερη εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς την απόδοση των τιμών καταλληλότητας στον χώρο.

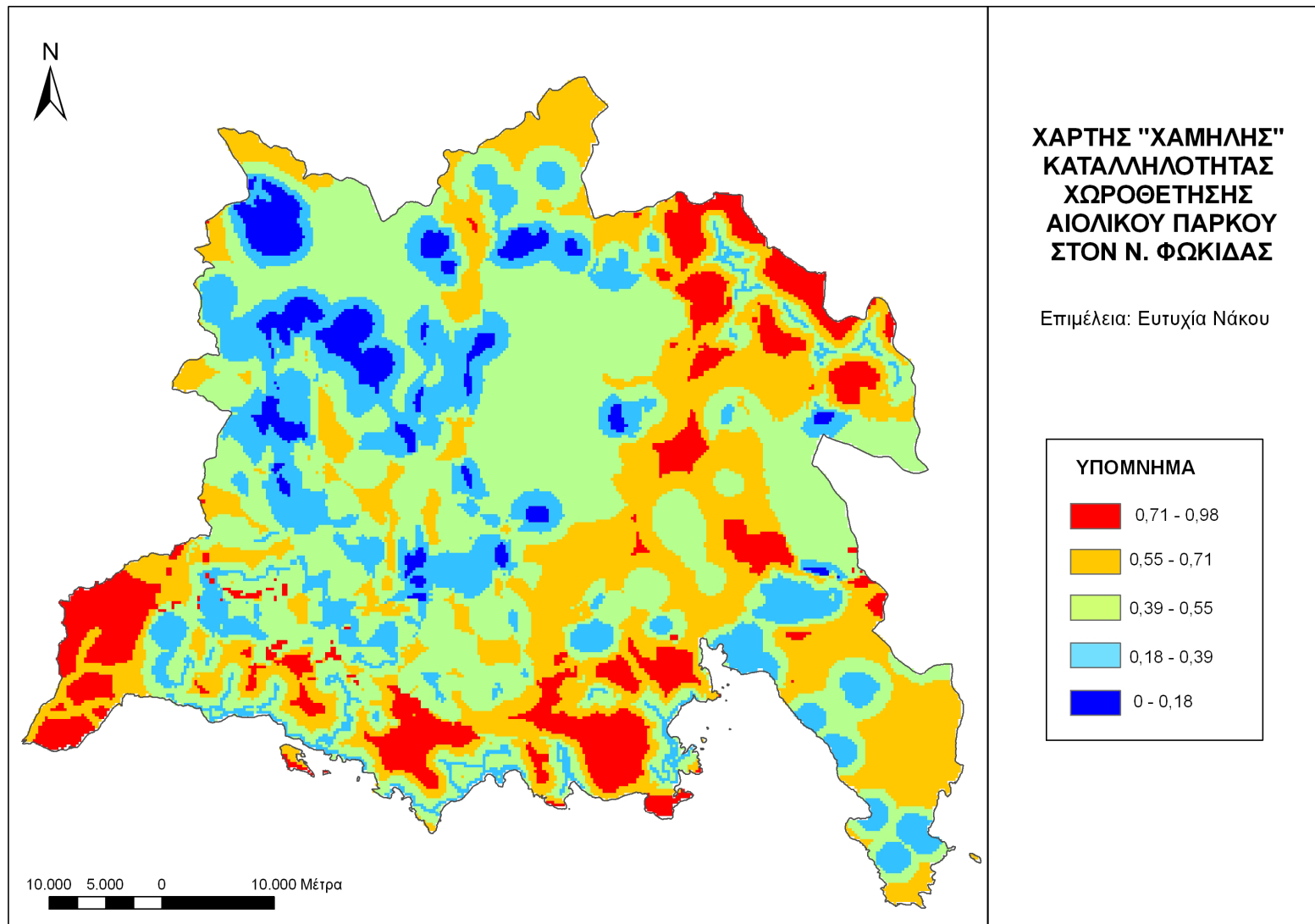
Στα πλαίσια της διαδικασίας της απασαφοποίησης δημιουργήθηκε το πεδίο της απασαφοποίησης που δημιουργείται από την αφαίρεση για κάθε *pixel* από την τιμή της υψηλής καταλληλότητα τη τιμή της χαμηλής καταλληλότητας. Οι τιμές κοντά στο -1 αφορούν περιοχές χαμηλής καταλληλότητας, ενώ οι τιμές κοντά στο 1 υποδηλώνουν περιοχές υψηλής καταλληλότητας. Οι τιμές κοντά στο 0 αναπαριστούν περιοχές αλλαγής των ζωνών, δηλαδή ουδέτερες περιοχές όσον αφορά την καταλληλότητα χωροθέτησης.

### **4.3 Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών**

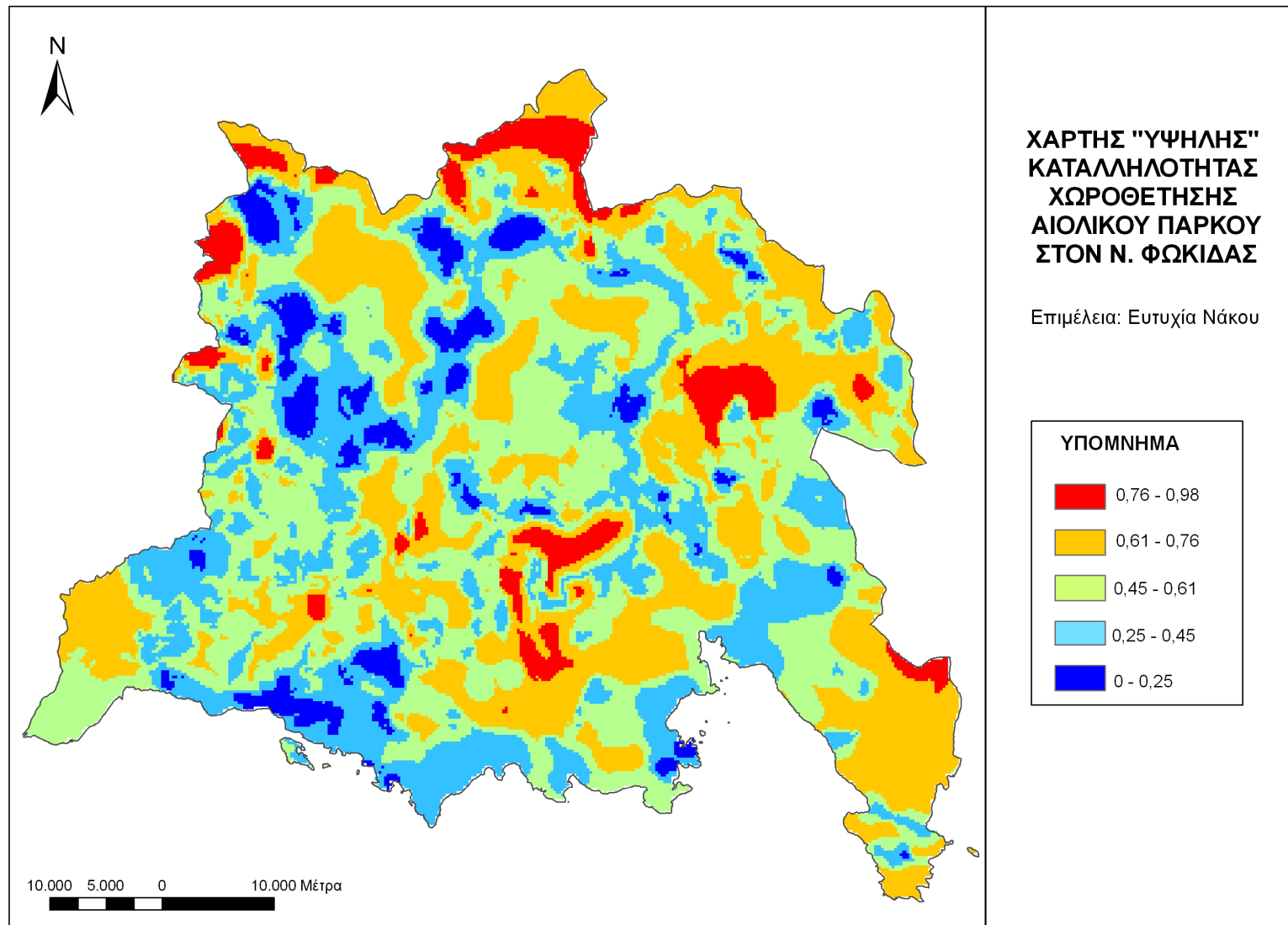
Από το στάδιο της απασαφοποίησης δημιουργήθηκαν τρία θεματικά γεωγραφικά επίπεδα, τα οποία παρουσιάζονται στους χάρτες που ακολουθούν.

Η διαδικασία οπτικοποίησής τους περιλαμβάνει την ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων για τις δυο κατηγορίες καταλληλότητας στον πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών του θεματικού επιπέδου *combine* με τη διαδικασία *join*.

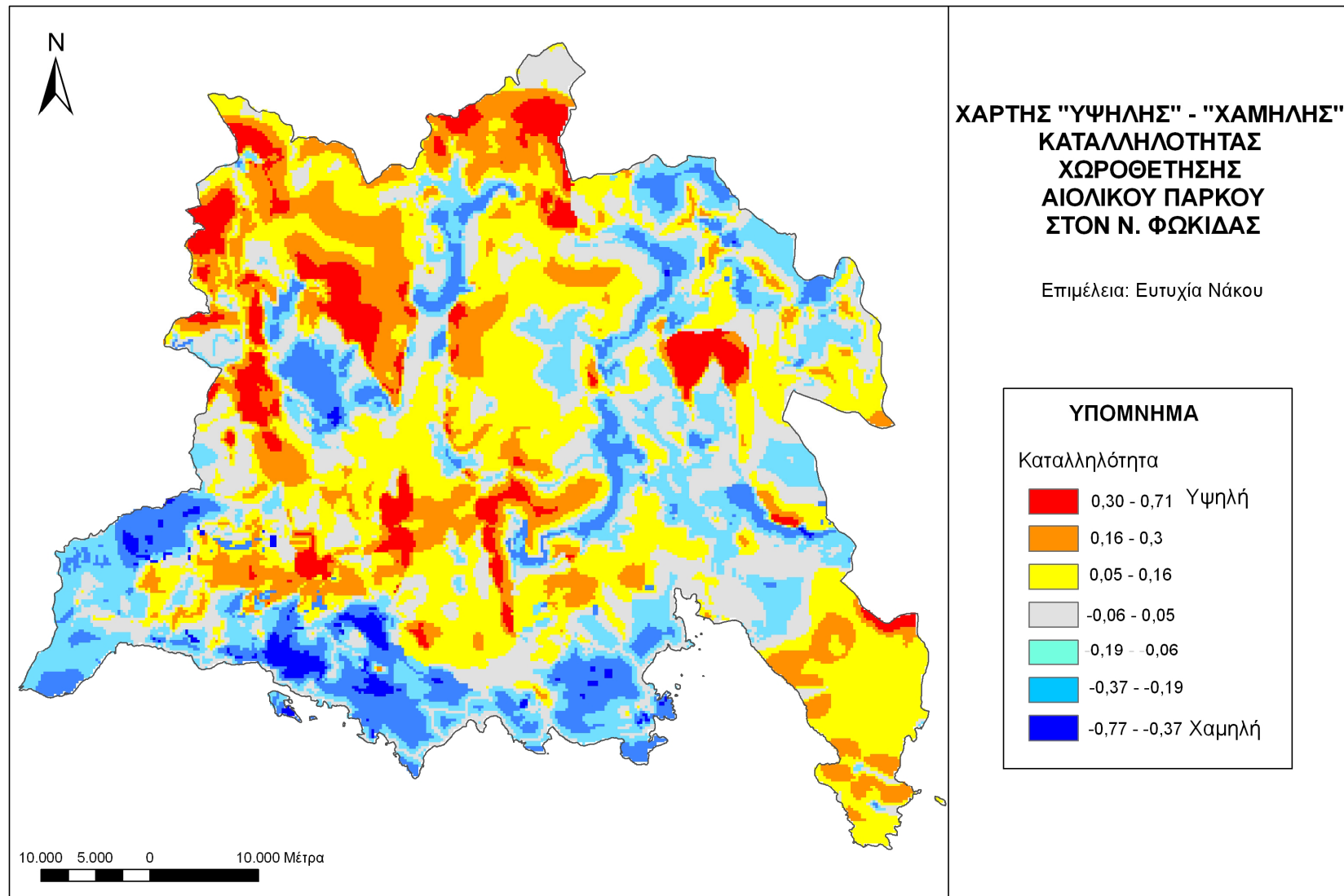




**Χάρτης 4.6:** Κατανομή της βεβαιότητας για χαμηλή καταλληλότητα



**Χάρτης 4.7:** Κατανομή της βεβαιότητας για υψηλή καταλληλότητα



**Χάρτης 4.8:** Απεικόνιση της ενοποίησης των θεματικών επιπέδων υψηλής - χαμηλής καταλληλότητας.

#### **4.4 Αξιολόγηση σχολιασμός αποτελεσμάτων – Προτεινόμενη περιοχή χωροθέτησης**

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα του χάρτη 4.8, διαπιστώνεται αρχικά ότι οι περιοχές υψηλής καταλληλότητας εντοπίζονται εκεί που θεωρητικά η κοινή λογική οδηγεί με βάση τα κριτήρια που έχουν ληφθεί υπόψη. Ενδεικτική επίσης είναι η εξαιρετικά χαμηλή τιμή βαθμού συμμετοχής (αλγεβρικά) στις περιοχές που η απόσταση από αυτές αποτέλεσε σημαντικό κριτήριο κατά τη κατασκευή των κανόνων (περιοχές οικιστικής δραστηριότητας, περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος). Η παραπάνω διαπίστωση ενισχύεται από το γεγονός ότι στο σύνολό τους οι περιοχές υψηλού βαθμού συμμετοχής ( $>0,3$ ) εντοπίζονται σε περιοχές αιολικής προτεραιότητας, περιοχές μεγάλου υψομέτρου, σε περιοχές μεγάλου ελεύθερου ποσοστού κάλυψης και σε ικανή απόσταση από το οδικό δίκτυο. Η συνολική έκταση των παραπάνω περιοχών καταλαμβάνει ποσοστό της τάξεως του 5,6% του Νομού Φωκίδας, καθιστώντας έτσι θεωρητικά ευκολότερη την τελική επιλογή για τη θέση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου.

Σημαντικό μέρος του νομού Φωκίδας, ποσοστό της τάξης του 22,5%, καλύπτεται από περιοχές ουδέτερης καταλληλότητας, δηλαδή, περιοχές για τις οποίες δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ως προς την καταλληλότητά τους ή μη για τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου. Τα ανάλογα ποσοστά για τις περιοχές υψηλής και χαμηλής καταλληλότητας ανέρχονται σε 48% και 30% αντίστοιχα. Ως πλέον κατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση, επιλέγονται αυτές με βαθμό συμμετοχής στο εύρος 0,31 έως 0,71 και η συνολική εδαφική τους κάλυψη ανέρχεται σε ποσοστό 5,6% επί της συνολικής έκτασης του Νομού Φωκίδας. Ως πλέον ακατάλληλες περιοχές για χωροθέτηση, επιλέγονται αυτές με βαθμό συμμετοχής -0,36 έως -0,77, ενώ η συνολική εδαφική τους κάλυψη ανέρχεται σε περίπου 1,5% του Νομού Φωκίδας. Διαπιστώνεται επιπλέον πως οι πλέον κατάλληλες περιοχές είναι διάσπαρτες σχεδόν στο σύνολο του Νομού Φωκίδας, με το κύριο μέρος τους να εντοπίζεται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του Νομού και το υπόλοιπο, στο βόρειο και δυτικό και ανατολικό τμήμα του. Αντίθετα, οι πλέον ακατάλληλες προς χωροθέτηση περιοχές εντοπίζονται κυρίως στο νότιο τμήμα του Νομού.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι κατηγορίες καταλληλότητας και τα αντίστοιχα ποσοστά εδαφικής κάλυψης στο σύνολο του νομού Φωκίδας.

<b>Καταλληλότητα</b>	<b>Ποσοστό Συμμετοχής</b>	<b>% Έκτασης Νομού Φωκίδας</b>
Πολύ Υψηλή <b>Καταλληλότητα</b>	0,30 - 0,71	5,60
Υψηλή <b>Καταλληλότητα</b>	0,16 - 0,30	17,87
Σχετικά Υψηλή <b>Καταλληλότητα</b>	0,05 - 0,16	24,39
Ουδέτερη <b>Καταλληλότητα</b>	- 0,06 - 0,05	22,44
Σχετικά Χαμηλή <b>Καταλληλότητα</b>	- 0,19 - - 0,06	19,55
Χαμηλή <b>Καταλληλότητα</b>	- 0,37 - - 0,19	8,71
Πολύ Χαμηλή <b>Καταλληλότητα</b>	- 0,37 - - 0,77	1,44

Εξετάζοντας το θεματικό επίπεδο της χαμηλής καταλληλότητας διαπιστώνει κανείς μια σχετική απόκλιση σε σχέση με κριτήρια που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως απαγορευτικά. Έτσι στο χάρτη 4.6 που αφορά στη χαμηλή καταλληλότητα, παρατηρείται μια διείσδυση των περιοχών με μικρό βαθμό συμμετοχής (0-0,2) στον ευρύτερο χώρο των περιοχών αιολικής προτεραιότητας και περιοχών ενταγμένων στο δίκτυο Natura.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αντιπαράθεση των υφιστάμενων ή υπό εγκατάσταση αιολικών πάρκων, συνολικά δώδεκα στον αριθμό, με τις περιοχές που χαρακτηρίζονται ως υψηλής καταλληλότητας. Από τη διαδικασία αυτή προκύπτει πως εννέα από τα πάρκα εμπίπτουν στις εν λόγω περιοχές, ενώ από τα υπόλοιπα, δύο εντοπίζονται σε περιοχές χαμηλής καταλληλότητας και ένα τμήμα του τελευταίου (περίπου το ένα τρίτο της συνολικής του έκτασης), σε περιοχές ουδέτερης και χαμηλής καταλληλότητας.

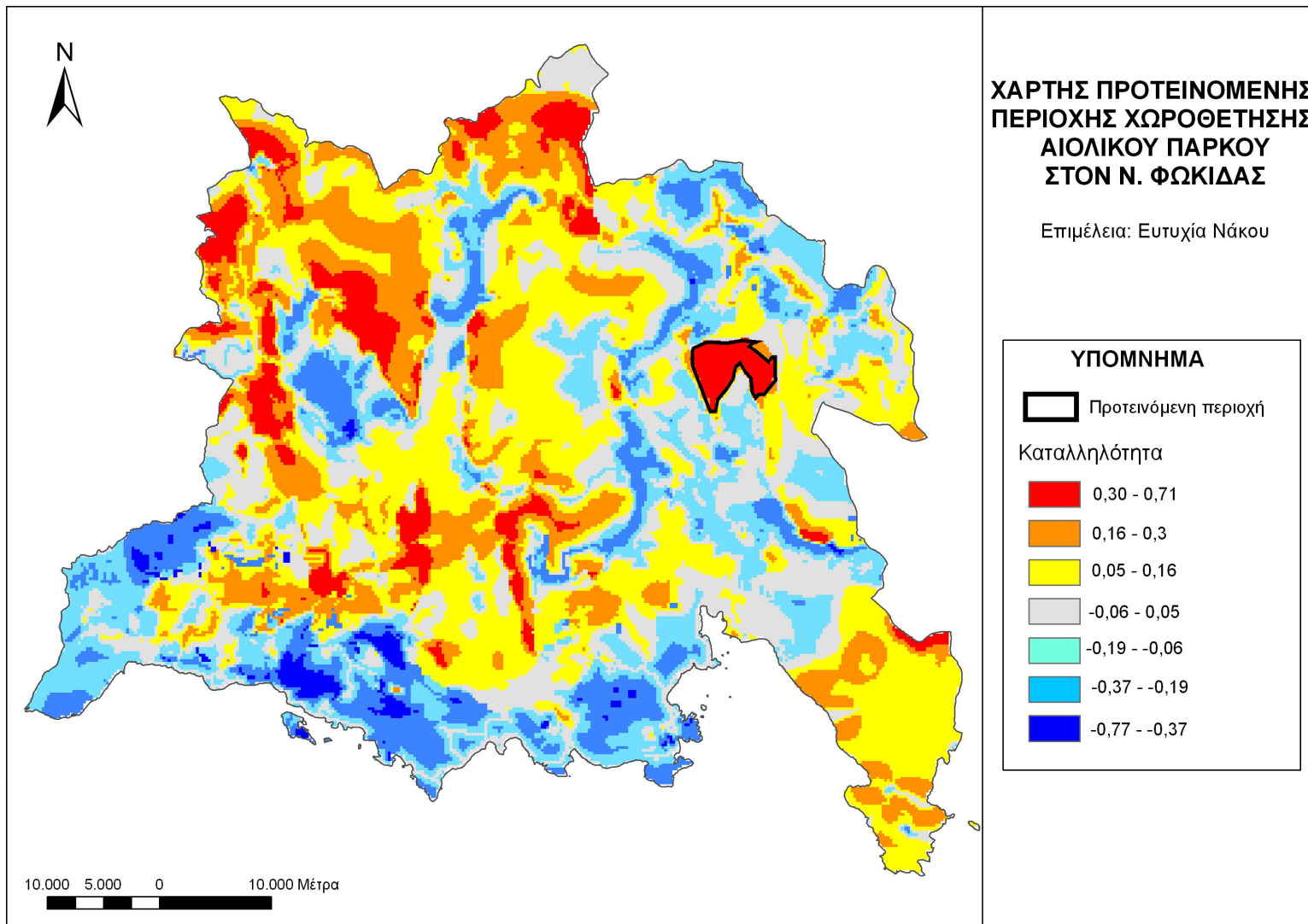
Η ύπαρξη πάρκων σε περιοχές ουδέτερης και χαμηλής καταλληλότητας κρίνεται σκόπιμο να αναλυθεί περαιτέρω προκειμένου να ελεγχθεί η αξιοπιστία της εφαρμογής. Από τον παραπάνω έλεγχο προέκυψε ότι τα δύο πάρκα που εντοπίζονται σε περιοχές χαμηλής καταλληλότητας, εντοπίζονται σε περιοχές οι οποίες εντάσσονται στο δίκτυο προστατευόμενων περιοχών Natura, με κωδική ονομασία GR 245004, και σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου. Όσον αφορά στο τμήμα του πάρκου που εντοπίζεται σε περιοχές ουδέτερης και χαμηλής καταλληλότητας, διαπιστώνεται πως οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν μηδενική ελεύθερη έκταση για χωροθέτηση πάρκων και είναι περιοχές χαμηλού υψομέτρου. Δεδομένης της σημασίας που αποδόθηκε στα παραπάνω κριτήρια κατά την υλοποίηση της μεθόδου της ασάφειας, η ύπαρξη αιολικού πάρκου σε αυτές τις περιοχές δεν αποτελεί δείγμα αναξιοπιστίας της μεθόδου αλλά αποδίδεται στην ανυπαρξία χωροταξικού πλαισίου κατά την αδειοδότησή τους. Η παραπάνω διαδικασία τονίζει την επικαιρότητα της μεθόδου σε σχέση με το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο και την ικανότητά της να προσανατολίζει τον σχεδιασμό σε περιοχές τήρησης των κριτηρίων που θέτει.

Η περιοχή του Νομού Φωκίδας που τελικά προτείνεται για τη χωροθέτηση αιολικής εγκατάστασης απεικονίζεται στον Χάρτη 4.9 και εντοπίζεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νομού.

Κύριο γνώμονα για την επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής αποτελεί αφενός ο υψηλός βαθμός συμμετοχής και αφετέρου το ότι πρόκειται για ενιαία έκταση 17Km<sup>2</sup>. Επισημαίνεται ότι η πλέον μεγαλύτερη σε έκταση αιολική εγκατάσταση στο νομό Φωκίδος καλύπτει συνολική επιφάνεια της τάξεως των 2,5Km<sup>2</sup>. Η επαλήθευση της προτεινόμενης περιοχής ως προς την τήρηση των κριτηρίων που εφαρμόστηκαν επιβεβαιώνει την πλήρη συμμόρφωση της με αυτά, καθώς χωροθετείται σε ικανοποιητική απόσταση από περιοχές οικιστικής συγκέντρωσης και περιοχές περιβαλλοντικού και αρχαιολογικού ενδιαφέροντος. Επιπλέον, χαρακτηρίζεται από υψηλό υψόμετρο, εντάσσεται σε περιοχές αιολικής προτεραιότητας μεγάλου ποσοστού ελεύθερης κάλυψης και δεν χωροθετείται πλησίον υφιστάμενου ή υπό εγκατάσταση αιολικού πάρκου.

Σημαντικό πλεονέκτημα της προτεινόμενης περιοχής αποτελεί το γεγονός ότι η συνολική έκταση είναι ενιαία και πολλαπλάσια της απαιτούμενης για την εγκατάσταση αιολικού πάρκου. Το γεγονός αυτό αφήνει ανοιχτά περιθώρια για την εύρεση μιας επόμενης βέλτιστης θέσης, εντός των ορίων της, στην οποία, πέραν του νομοθετικού πλαισίου θα ικανοποιείται μια σειρά απαραίτητων τεχνικών προϋποθέσεων (π.χ. ευστάθεια εδάφους).

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί γίνεται μια συνοπτική ανασκόπηση της εργασίας και παρατίθενται τα γενικά συμπεράσματα και οι προτάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη του υπό μελέτη αντικειμένου.



**Χάρτης 4.9:** Προτεινόμενη περιοχή χωροθέτησης αιολικού πάρκου στον Ν. Φωκίδας

## 5. Επισκόπηση και προτάσεις

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας αποτέλεσε η χωροθέτηση ενός Αιολικού Πάρκου στο Νομό Φωκίδας, με βάση την ελληνική νομοθεσία, βιβλιογραφικές αναφορές - έρευνας αλλά και την εμπειρία του ερευνητή σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος. Η εργασία υλοποιήθηκε σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και με χρήση της μεθόδου της Λογικής της Ασάφειας. Κύριο γνώμονα για την επιλογή του Νομού Φωκίδας ως περιοχή μελέτης αποτέλεσε το έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη μονάδων αιολικής ενέργειας στο συγκεκριμένο νομό, ενδιαφέρον που επεκτείνεται στο σύνολο σχεδόν της ορεινής ηπειρωτικής χώρας. Στην επιλογή της περιοχής μελέτης συνέβαλε επίσης η διαθεσιμότητα δεδομένων και η καλή γνώση της περιοχής η οποία είναι χρήσιμη στο στάδιο της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων.

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών αποτελούν ιδανικό εργαλείο διαχείρισης και απόδοσης χωρικών δεδομένων διαφορετικών πηγών και κλιμάκων. Ωστόσο, οι δυνατότητές τους για χωρική ανάλυση και μοντελοποίηση είναι αρκετά περιορισμένες, δεδομένου ότι τα αποτελέσματα τα οποία εξάγονται υπακούουν στη δυαδική λογική (Boolean logic), αδυνατώντας να αποδώσουν ρεαλιστικά τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά όρια ενός χώρου. Η χρήση της λογικής της ασάφειας για την ανάλυση των δεδομένων και τον υπολογισμό των τελικών αποτελεσμάτων, συνίσταται ακριβώς στην αντιμετώπιση της παραπάνω αδυναμίας, καθώς η υιοθέτηση της για τη δημιουργία μοντέλων απεικόνισης φυσικών προβλημάτων ανταποκρίνεται με μεγαλύτερη ευκολία στην αναγκαιότητα της εισαγωγής με μαθηματικό τρόπο της ανακρίβειας και της απροσδιοριστίας που υπάρχει στα φυσικά προβλήματα.

Το κύριο βάρος κατά την υλοποίηση της μεθόδου δόθηκε στις παράμετρος που αφορούν στην τήρηση του υφιστάμενου νομικού πλαισίου που διέπει τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων. Η επιλογή των μεταβλητών - κριτηρίων για το συγκεκριμένο πρόβλημα χωροθέτησης, βασίστηκε κυρίως στους κανόνες χωροθέτησης του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α) αλλά και στο νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης έργων και δραστηριοτήτων.

Για λόγους οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων της λογικής της ασάφειας και την καλύτερη αξιολόγησης τους ως προς την διαμόρφωση των τιμών καταλληλότητας στην περιοχή μελέτης, τα παραπάνω οργανώθηκαν σε δύο θεματικά επίπεδα τα οποία και αποδίδουν αντίστοιχα την κατανομή του βαθμού συμμετοχής για τη χαμηλή, και υψηλή καταλληλότητα. Επιπλέον, δημιουργήθηκε ένα τρίτο θεματικό επίπεδο το οποίο αποδίδει την διαφορά μεταξύ υψηλής και



χαμηλής καταλληλότητας για το σύνολο της περιοχής μελέτης. Τα παραπάνω θεματικά επίπεδα οπτικοποιήθηκαν σε χάρτες.

Από την αξιολόγηση των χαρτών, που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ασαφούς λογικής προκύπτει ότι οι περιοχές στις οποίες επικεντρώνεται το ενδιαφέρον, ήτοι οι πλέον κατάλληλες περιοχές, δηλαδή αυτές με τον μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής, είναι διάσπαρτες σχεδόν στο σύνολο του Νομού Φωκίδας και εντοπίζονται κυρίως στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του Νομού και σε μικρότερη έκταση, στο βόρειο, δυτικό και ανατολικό τμήμα του. Αντίστοιχα, οι πλέον ακατάλληλες περιοχές, δηλαδή αυτές με τον μικρότερο βαθμό συμμετοχής εντοπίζονται κυρίως στο νότιο τμήμα του Νομού.

Η περιοχή η οποία προτείνεται για τη χωροθέτηση αιολικού πάρκου στον Νομό Φωκίδας, μετά από αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της λογικής της Ασάφειας και τη συγκριτική αξιολόγηση των επιμέρους περιοχών που απαρτίζουν το υψηλής καταλληλότητας τμήμα του Νομού Φωκίδας εντοπίζεται βορειοανατολικά του νομού. Η εν λόγω περιοχή, πέραν του ότι ικανοποιεί το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων, έχει ενιαία έκταση 17km<sup>2</sup>. Η συνολική έκταση της τάξης των 17 km<sup>2</sup>, αφενός υπερκαλύπτει τις ανάγκες εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου, αφετέρου αφήνει ανοιχτά περιθώρια για την εύρεση μιας επόμενης βέλτιστης θέσης, στα πλαίσιά της, στην οποία πέραν του νομοθετικού πλαισίου θα ικανοποιείται μια σειρά απαραίτητων τεχνικών προϋποθέσεων.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και επομένως της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε έγινε αντιπαραβολή των υφιστάμενων ή υπό εγκατάσταση αιολικών πάρκων με τις περιοχές που χαρακτηρίζονται ως υψηλής καταλληλότητας. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψε πως η συντριπτική πλειοψηφία των υφιστάμενων ή υπό εγκατάσταση αιολικών πάρκων βρίσκεται σε περιοχές υψηλής καταλληλότητας ενώ οι εγκαταστάσεις που δεν εντοπίζονται σε περιοχές που η μέθοδος χαρακτηρίζει ως χαμηλής καταλληλότητας δεν ικανοποιούν σημαντικά απαγορευτικά κριτήρια.

Η ικανότητα της λογικής της ασάφειας να αποδίδει βαθμιαία την καταλληλότητα ή μη των υποψήφιων περιοχών χωροθέτησης αποτελεί ουσιαστικά ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματά της καθώς δίνει την δυνατότητα εάν και εφόσον κατά την επιτόπια έρευνα η προτεινόμενη περιοχή θεωρηθεί ακατάλληλη για χωροθέτηση, να εξεταστεί μια άλλη περιοχή με ίδιο ή μικρότερο βαθμό συμμετοχής καταλληλότητας χωρίς να επαναληφθεί η διαδικασία. Ο χρόνος και η προσπάθεια που εξοικονομούνται καθιστούν την μέθοδο εξαιρετικά ευέλικτη στη διαχείριση εναλλακτικών σεναρίων ανάλογα με τα αποτελέσματα της επιτόπιας έρευνας.

Ολοκληρώνοντας, πρέπει να σημειωθεί πως η τελική χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου περιλαμβάνει μια σειρά παραμέτρων τεχνικής φύσεως (ευστάθεια εδαφών κ.α.) η συλλογή των οποίων στο σύνολο του νομού Φωκίδας για την ενσωμάτωση τους σε ένα σύστημα ασάφειας αυξάνει δραματικά το κόστος μια τέτοιας εφαρμογής. Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσης εργασίας είναι σαφές ότι τροφοδοτεί την διαδικασία του τελικού σχεδιασμού περιορίζοντας την έκταση των περιοχών επιτόπιας έρευνας σε πολύ μεγάλο βαθμό. Αποτελεί επομένως ένα σημαντικό στάδιο σε μια ολοκληρωμένη εφαρμογή χωροθέτησης αιολικού πάρκου.

Απώτερος σκοπός και μελλοντική πρόταση είναι η παρούσα εργασία να αποτελέσει τη βάση για ένα επόμενο στάδιο ανάλυσης στα πλαίσια των περιοχών που υποδεικνύονται από αυτή στο οποίο θα συμπεριλαμβάνονται πρόσθετα κριτήρια, (όπως ο αριθμός και ο τύπος των ανεμογεννητριών, τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής και γεωλογικής μελέτης για την ευστάθεια των εδαφών, οι κλιματολογικές συνθήκες κ.α.) προκειμένου να προκύψουν περιοχές στις οποίες η χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου πέρα από χωροταξικά και περιβαλλοντικά αποδεκτή θα είναι τεχνικά και επομένως οικονομικά βιώσιμη.

Τέλος, στα πλαίσια υλοποίησης της παρούσης εφαρμογής, η ανάγκη ύπαρξης επιπλέον λογισμικού για την υλοποίηση της μεθόδου και οι ασυμβατότητες μεταξύ των δεδομένων εισόδου και εξόδου των δύο λογισμικών, αναδεικνύουν την ανάγκη ενσωμάτωσης ενός ολοκληρωμένου εργαλείου ανάπτυξης της λογικής της ασάφειας στο περιβάλλον ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, προκειμένου η προτεινόμενη μεθοδολογία να καταστεί περισσότερο ελκυστική στους διάφορους χρηστές που εμπλέκονται σε ανάλογα προβλήματα χωροθέτησης.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Ασημακόπουλος Γ., 2007, **Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας (Ν. 2742/1999)**, Α' Φάση Υποστηρικτική Μελέτη, Αθήνα

Ασάρας Θ., Οικονομίδης Δ., **Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών**, Ψηφιακές διδακτικές Σημειώσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη

Enviroplan Μελετητική, 2007, **Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις ΑΠΕ**, Αθήνα.

Ζαρακούδα Μ., 2007, Μεθοδολογική προσέγγιση και Κριτήρια Χωροταξικού Σχεδιασμού για τις ΑΠΕ στον Ελλαδικό Χώρο, **3<sup>η</sup> Ημερίδα ΕΛΕΤΑΕΝ**.

Hung-Yueh Lin και Jehng-Jung Kao, **Enhanced spatial model for landfill siting analysis**, Journal of environmental engineering, 1999

Jehng – Jung Kao, Wie-Yea Chen, Hung – Yueh Lin, Show Jyi Guo, **Network expert Geographic Information Systems for Landfill siting**, Journal of Environmental Engineering, 1996

Καράκωστας Ιωάννης Κ., 200, **Περιβάλλον και Δίκαιο**, Εκδόσεις Σάκκουλα, Αθήνα

Καρδέλης Ι., Καββαδίας Κ., Παλιατσός Α., 2002, **Προβλήματα Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων Ηλεκτροπαραγωγής: Η περίπτωση Χωροθέτησης Αιολικών Πάρκων με Χρήση GIS και CAD**.

Καρκαζή Α., Χατζηχρήστος Θ., Μαυρόπουλος Α., Εμμανουηλίδη Β. και Ahmed Elseoud, 2001, **Landfill Siting using GIS and fuzzy logic**

Κίκιρας Π., **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Εισαγωγή στην τεχνολογία και τις εφαρμογές τους**, ΕΜΠ, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ Αθήνα,

Κίκιρας Π., 2000, **Spatial Decision Support Systems (Introducing a GIS enabled DSS)**, ΕΜΠ, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ Αθήνα

Κουτσόπουλος Κ., 2002, **Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου**, Εκδ. Παπασωτηρίου.

Κουτσόπουλος Κωστής, Ανδρουλακάκης Νίκος, 2005, **Εφαρμογές του λογισμικού ArcGIS 9x με απλά λόγια**, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα

Λόλος Γ., Τσομπανίδης, Λόλος Θ. και Πασχάλη Κ., 2001, **A new approach to multi-criteria decision making for the landfill site selection**

Μανωλιάδης Ο. και Σαχαζής Κ., 2001, **Geotechnical Aspects of a Landfill Site Selection Study in North Evia – Greece**

Μαργαρίτης Κ., Χαλκιάς Κ., Αμοργιανού Μ., 1999, **Ασαφής Λογική και Ασαφή Συστήματα**

Μπεργελές Γ., **Ανεμοκινητήρες**, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα

Μουρμούρης Ι., 1997, Πολυκριτηριακή Μεθοδολογία Αξιολόγησης και Χωροθέτησης Συστημάτων Διαχείρισης Απορριμμάτων σε Μητροπολιτικές Περιοχές: Η Περίπτωση της Αν. Αττικής, **11<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο της ΕΕΕΕ: Διαχείριση Πόρων και Συστημάτων για Βιώσιμη Ανάπτυξη**, 22-24 Μαΐου 1997

Μπινόπουλος Ε., Χαβιαρόπουλος Π., **Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων : "Μύθος και πραγματικότητα"**, Κ.Α.Π.Ε.

Ξενίδης Ι., 2006, **Ανάλυση Επικινδυνότητας Έργων με Σύμβαση Παραχώρησης με τη Χρήση της Θεωρίας της Ασάφειας**, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2006

Παπαζαφειρίου Α., 2001, **Εισαγωγή στη Γεωπληροφορική**, ΤΕΙ Σερρών, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας, Σέρρες.

Παπούλια Σταυρούλα, **Εφαρμογή της Οδηγίας ΣΠΕ και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)**, Τμήμα Προστατευόμενων Περιοχών, Ελλ. Ορνιθολογική Εταιρεία

RetScreen, 2000, **Introduction to Clean Energy Project Analysis, Clean Energy Decision.**

Σημειώσεις ΣΤ Εξάμηνο, **Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων και Γ.Σ.Π.**, ΤΕΙ Σερρών, Τμήμα Πληροφορικής.

Υπουργείο Ανάπτυξης, 2005, **3<sup>η</sup> έκθεση για το επίπεδο διείσδυσης της ανανεώσιμης ενέργειας το έτος 2010**

Χατζηνικολάου Ε., Χατζηχρήστος Θ., **Προσεγγίζοντας στο παράδειγμα της επιλογής θέσεων κατοίκησης κατά την προϊστορική περίοδο με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ποσοτικές Μεθόδους**

Χατζηχρήστος Θ., 2001, **Τα ΓΣΠ και η Λογική της Ασάφειας στην Ανάλυση του Χώρου**, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Χατζηχρήστος Θ., Καρκαζή Άννα, Εμμανουηλίδου Βαρβάρα, Κυπριώτη, Ράνια, Μαυρόπουλος Αντώνης, 2002, Χωροθέτηση χώρου υγειονομικής ταφής απορριμάτων με την χρήση της Δελφικής Μεθόδου και της Λογικής της Ασάφειας, **2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο HellasGis**

#### Δικτυακοί τόποι

[www.ypan.gr](http://www.ypan.gr)

[www.cres.gr](http://www.cres.gr)

[www.rae.gr](http://www.rae.gr)

[www.minenv.gr](http://www.minenv.gr)

[www.stereaellada.gov.gr](http://www.stereaellada.gov.gr)

<http://www.ecotec.gr>

[http://europa.eu/environment/climat/campaign/eunitatives\\_el.html](http://europa.eu/environment/climat/campaign/eunitatives_el.html)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

**N. 1650/86 (ΦΕΚ 160/A/18-10-86)** «Για την προστασία του περιβάλλοντος»

**N. 3010/2002 (ΦΕΚ 91/25.04.2002)** «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11 Ε. Ε. και 96/61 Ε.Ε. και άλλες διατάξεις» με τον οποίο τροποποιήθηκαν οι διατάξεις του ν 1650/1986

**Κ.Υ.Α.69269/5387/25-10-90 (Φ.Ε.Κ. 678/B/25-10-1990)** «Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), καθορισμός περιεχομένου Ειδικών Περιβαλλοντικών Μελετών (Ε.Π.Μ.) και λοιπές συναφείς διατάξεις, σύμφωνα με το Ν. 1650/1986»

**Κ.Υ.Α 15393/02 (ΦΕΚ 1022/B'/2002)** «Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων σε κατηγορίες κλπ.»

**ΚΥΑ οικ.145799 (ΦΕΚ Β' 1002/18.07.2005)** «Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες»

**Κ.Υ.Α.11014/2003 (ΦΕΚ 332/B'/20-3-2003)** «Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) κλπ.»

**ΥΑ Η.Π 25535/3281/02 (ΦΕΚ Β' 1463/20.11.2002)** «Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων από τον Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας των έργων και δραστηριοτήτων που κατατάσσονται στην υποκατηγορία 2 της Α κατηγορίας σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση ΗΠ/15393/2332/02»

**ΥΑ Η.Π 37111/2021/03 (ΦΕΚ Β' 1391/29.09.2003)** «Καθορισμός τρόπου ενημέρωσης και συμμετοχής του κοινού κατά τη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων των έργων και δραστηριοτήτων»

**ΚΥΑ 1726/03 (ΦΕΚ Β' 552/8.05.2003)** «Διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας»

**Οικ. 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ/2006** «Διαδικασία Προκαταρκτικής περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α) και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (Ε.Π.Ο.) έργων Α.Π.Ε., σύμφωνα με το αρ.4 του ν.1650/1986, όπως αντικαταστήθηκε με το αρ.2 του ν. 3010/2002»

**Οικ. 104248/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ/2006** «Περιεχόμενο, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία των προμελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Π.Π.Ε.), των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων ΑΠΕ»

**Εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ/ΕΥΠΕ (Α.Π. οικ. 107100/29.08.2006)** «Διευκρινίσεις σχετικά με τη Διαδικασία Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης έργων ΑΠΕ.»

**Εγκύκλιος Υπ. Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (Α.Π. οικ. 97800/3094/4.8.2006)** «Επεμβάσεις σε εκτάσεις που τελούν υπό την προστασία των δασικών Υπηρεσιών, για την εγκατάσταση έργων ΑΠΕ.»

**Εγκύκλιος 11 ΥΠΕΧΩΔΕ/ΕΥΠΕ (Α.Π. οικ. 105965/22.02.2000)** «Κατευθύνσεις σχετικά με την αξιολόγηση των φακέλων Προέγκρισης Χωροθέτησης και Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων αιολικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας»

**Εγκύκλιος Υπ. Γεωργίας Οικ.90870/719/27.2.04** «Διαδικασία ΠΠΕΑ και Έγκρισης Επέμβασης για έργα ΑΠΕ»

**Ν.3028/28/6/02 (ΦΕΚ 153/28.06.2002)** «Προστασία αρχαιοτήτων και Πολιτιστικής Κληρονομιάς»

**Π.Δ. 1180 (ΦΕΚ Α' 293/06.10.81)** «Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγομένων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και της εκ τούτω διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γένει ειτρεπόμενα Όρια Θορύβου»

**ΥΑ Δ3/Δ/35694/6190 (ΦΕΚ Β' 1133/11.09.2000)** «Προστασία των Αεροπορικών Εγκαταστάσεων από τον κίνδυνο της ανάπτυξης κατασκευών – εμποδίων γύρω από αυτές, καθώς και της Αεροπλοΐας εκ των υπερυψηλών ανά τη χώρα κατασκευών»

**Ν.3199/03 (ΦΕΚ Α' 280/09.12..2003)** «Προστασία και διαχείριση των υδάτων - εναρμόνιση με οδηγία 2000/60»

**N.3208/03 (ΦΕΚ Α' 303/24.12.2003)** «Προστασία των δασικών οικοσυστημάτων, κατάρτιση δασολογίου, ρύθμιση εμπραγμάτων δικαιωμάτων επί δασών και δασικών εν γένει εκτάσεων»

**Εγκύκλιος Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων 1099/26.10.2004** (ΦΕΚ Α303) Οδηγίες για την εφαρμογή του νόμου 3208/24.12.2003

**N.2742/99 (ΦΕΚ Α' 207/07.10.1999)** «Χωροταξικός Σχεδιασμός και αειφόρος ανάπτυξη»

**N. 3229/04 (ΦΕΚ Α' 38/10.02.2004)** «Μεταφορά αρμοδιότητας έγκρισης επέμβασης σε δάση ή δασικές εκτάσεις από τον Υπουργό Γεωργίας στο Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας»

**N. 998/79 (ΦΕΚ Α' 289/29.12.1979)** «Περί Προστασίας των δασών και δασικών εν γένει εκτάσεων της Χώρας»

**N.Δ.86/69** Βασικό νομοθετικό πλαίσιο που ισχύει στη χώρα μας και αναφέρεται στη προστασία και διαχείριση των δασών και των δασικών εκτάσεων. Φυσικά πρώτα απ' όλα ισχύει το Σύνταγμα και τα άρθρα 24 και 117 τα οποία κατοχυρώνουν συνταγματικά τη προστασία των δασών.

**Π.Δ. 67/81 (ΦΕΚ Α' 23/30.01.1981)** "περί προστασίας της αυτοφυούς χλωρίδας και άγριας πανίδας.

**N. 177/75 (ΦΕΚ Α' 205/27.09.1975)** "περί αντικαταστάσεως και συμπληρώσεως διατάξεων του Ν.Δ.86/69".

**Π.Δ. 575/80 (ΦΕΚ Α' 157)** "περί κηρύξεως ιδιαιτέρως ευαίσθητων σε πυρκαγιές περιοχών".

**Π.Δ. 963/79 (ΦΕΚ Α' 271/08.12.1979)** "περί εκποιήσεως παραγόμενων δασικών προϊόντων".

**Π.Δ. 126/86 (ΦΕΚ Α' 44/1986)** "περί διαδικασίας παραχώρησης της εκμετάλλευσης, συντήρησης και βελτίωσης των δασών"

**Το Ν. 2508/97** «Περί Βιώσιμης οικιστικής ανάπτυξης των πόλεων και οικισμών της χώρας» και τις διατάξεις του Ν. 1337/83 που είναι σε ισχύ σήμερα.



**Εγκύκλιος 122343/4-2-2004** «Διευκρινίσεις σχετικά με θέματα ορισμού, κατάταξης και διαδικασιών κατά την περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 1650/1986, όπως τροποποιήθηκε από τον Ν.3010/2002»

**Εγκύκλιος 122859/2-2-2004** «Περιεχόμενα φακέλου για την εφαρμογή του άρθρου 13 της ΚΥΑ Η.Π. 11014/7033/14-3-03.

**Εγκύκλιος 9/1810/458/30-1-96** «Περιεχόμενο φακέλου για την Προέγκριση Χωροθέτηση έργων»

**Έγγραφο 90516/15-11-95** προς όλες τις Υπηρεσίες ΠΕ.ΧΩ. «Ρυθμίσεις διαδικασιών περιβαλλοντικής αδειοδότησης»

**Π.Δ. 99/23-3-92 (ΦΕΚ 46Α)** «Μελέτη και εκτέλεση αρχαιολογικών έργων»

**Π.Δ. 9/24-8-1932** «Περί κωδικοποίησης των διατάξεων περί Αρχαιοτήτων»

**ΚΥΑ 37393/2028 (ΦΕΚ 1418/Β/1-10-2003)** «Μέτρα και όροι για τις εκπομπές θορύβου στο περιβάλλον από εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους»

**Κοιν. Οδηγίες 85/337 και 97/11** «για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις έργων και δραστηριοτήτων»